

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS
DEL CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA
UTILIZANDO AGREGADO FINO RECICLADO”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR

CARLOS ANTHONY VLADIMIR SÁNCHEZ CHUCHÓN

ID: 0000-0002-1757-0128

ASESOR

Mag. CARLOS ALBERTO VILLEGAS MARTÍNEZ

ID: 0000-0002-4926-8556

LIMA – PERÚ

2024

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Sánchez Chuchón, Carlos Anthony Vladimir

anthony.sanchez.c@uni.pe

966520578

DEDICATORIA

A mi familia, como una muestra de mi eterno agradecimiento, por contar con el amor, sabiduría y respaldo inquebrantable que siempre me demostraron en cada iniciativa que me propongo.

A la Universidad Nacional de Ingeniería por la enseñanza y el saber invaluable transmitido en la formación integral.

A aquellos que contribuyen constantemente en sabiduría e investigación en el maravilloso devenir de la vida.

AGRADECIMIENTO

A mis eternos padres y hermanos por encaminarme siempre a un porvenir distinto.

A mi asesor de investigación el Mag. Ing. Carlos Villegas por su tiempo dedicado al proyecto.

A aquellos ingenieros que me surtieron de guía integral.

ÍNDICE

Resumen	4
Abstract.....	5
Prólogo.....	6
Lista de tablas.....	7
Lista de figuras	11
Lista de símbolos y siglas	12
Capítulo I: Introducción.....	14
1.1. Generalidades.....	14
1.2. Descripción de la realidad problemática.....	14
1.3. Problemas de estudio	16
1.3.1. Problema general.....	16
1.3.2. Problemas específicos	16
1.4. Objetivos de estudio.....	16
1.4.1. Objetivo general.....	16
1.4.2. Objetivos específicos	16
1.5. Formulación de hipótesis	17
1.5.1. Hipótesis específicas	17
1.6. Fundamentos de la metodología de la investigación	17
1.6.1. Enfoque de investigación	17
1.6.2. Tipo de investigación	18
1.6.3. Nivel de investigación	18
1.6.4. Diseño de investigación	18
Capítulo II: Marco teórico y conceptual	20
2.1. Antecedentes de la investigación	20
2.2. Concreto	24
2.3. Agregados	24
2.4. Concreto reciclado	25
2.5. Agregado reciclado	25
2.6. Ensayo de resistencia a la compresión	25
2.7. Ensayo de resistencia a la tracción	26
2.8. Ensayo de resistencia a la flexión en vigas	26
Capítulo III: Características de los materiales del concreto	27
3.1. Cemento	27

3.2.	Aditivo superplastificante.....	28
3.3.	Agua	28
3.4.	Agregados	28
3.4.1.	Análisis granulométrico	28
3.4.2.	Combinación de agregados por el método de la máxima compacidad del peso unitario	31
3.4.3.	Síntesis de propiedades de áridos de concreto.....	33
Capítulo IV: Dosificación de mezclas.....		34
4.1.	Metodología para la dosificación	34
4.2.	Clases de mezclas en investigación.....	34
4.3.	Procedimiento de dosificación de concreto	35
4.4.	Dosificación de concreto en estudio.....	38
4.4.1.	Dosificación de PATRÓN	38
4.4.2.	Dosificación de RECO	43
4.4.3.	Dosificación de RECO+SUST	48
4.4.4.	Dosificación de RECO+ADIT	57
Capítulo V: Resultado de los ensayos		60
5.1	Determinación de las propiedades del concreto en estado fresco.....	60
5.1.1.	Ensayo de asentamiento.....	60
5.1.2.	Ensayo de peso unitario.....	61
5.1.3.	Ensayo de contenido de aire	62
5.1.4.	Ensayo de exudación	63
5.1.5.	Ensayo de tiempo de fraguado	64
5.2.	Determinación de las propiedades del concreto en estado endurecido	65
5.2.1.	Resistencia a la compresión del concreto	65
5.2.2.	Resistencia a la tracción del concreto	66
5.2.3.	Resistencia a la flexión del concreto	67
Capítulo VI: Análisis comparativo de resultados y costos		69
6.1.	Diagnóstico de ensayos de áridos.....	69
6.1.1.	Peso unitario	69
6.1.2.	Peso específico.....	69
6.1.3.	Absorción.....	70
6.1.4.	Granulometría	71
6.2.	Diagnóstico de ensayos al concreto fresco	73
6.2.1.	Asentamiento	73
6.2.2.	Peso unitario	75
6.2.3.	Contenido de aire atrapado.....	78

6.2.4.	Exudación	80
6.2.5.	Tiempo de fraguado	83
6.3.	Diagnosis de ensayos al concreto endurecido	86
6.3.1.	Esfuerzo a compresión	86
6.3.2.	Esfuerzo a tracción	92
6.3.3.	Esfuerzo a flexión	97
6.4.	Análisis comparativo de costo de materiales.....	102
6.4.1	Costo de mezcla de concreto PATRÓN	103
6.4.2	Costo de mezcla de concreto RECO.....	104
6.4.3	Costo de mezcla de concreto RECO+SUST	105
6.4.4	Costo de mezcla de concreto RECO+ADIT.....	110
	Conclusiones	116
	Recomendaciones	119
	Referencias bibliográficas	120
	Anexos	124

Resumen

La investigación tuvo como finalidad el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia utilizando agregado fino reciclado comercial (AFRC) en porcentajes de sustitución de 0 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 % obtenidos de la empresa FOMENTO OBRAS Y CONTRATAS S.A.C.– CONSTRUCCIONES ECOLÓGICAS.

En principio se realizó los ensayos de agregados los cuales nos indica la calidad de estos y nos permite utilizar en el diseño de los 4 tipos de concreto, los cuales son: PATRÓN (concreto elaborado con agregados naturales), RECO (concreto elaborado con 100 % de AFRC y agregado grueso natural), RECO+SUST (concreto elaborado con 25 %, 50 % y 75 % de sustitución del agregado fino natural por AFRC) y RECO+ADIT (concreto elaborado con 100 % de AFRC y aditivo superplastificante). Las relaciones a/c usadas para los distintos tipos de concreto fue de 0,60, 0,65 y 0,70 con slump de 3" a 4".

En el análisis de resultados se obtuvo variaciones porcentuales respecto de PATRÓN, entre las más resaltantes son: La resistencia a compresión en RECO+SUST disminuyó en promedio 10,5 %, para RECO disminuyó en promedio 17,2 % y en RECO+ADIT aumentó en promedio 1,2 %, la tracción en RECO+SUST disminuyó en promedio 12,5 % y en RECO disminuyó en promedio 20,4 %, y la flexión en RECO+SUST disminuyó en promedio 11,4 % y en RECO disminuyó en promedio 22,2 %. Se evidenció en conclusión la influencia significativa del uso del AFRC en el concreto, empleados principalmente en elementos no estructurales.

Palabras clave – Reciclado, sustitución, diseño, propiedades

Abstract

The research aimed at studying the physical and mechanical properties of medium to low-strength concrete using commercial recycled fine aggregate (AFRC) at 0 % substitution rates; 25 %, 50 %, 75 % and 100 % obtained from the company FOMENTO OBRAS Y CONTRATAS S.A.C.- CONSTRUCCIONES ECOLÓGICAS.

In principle, the aggregate tests were carried out which indicate the quality of these and allow us to use in the design of the 4 types of concrete, which are: PATRÓN (concrete made with natural aggregates), RECO (concrete made with 100 % AFRC and natural coarse aggregate), RECO+SUST (concrete made with 25 %, 50 % and 75 % substitution of the natural fine aggregate by AFRC) and RECO+ADIT (concrete made with 100 % AFRC and superplasticizer additive). The a/c ratios used for the different types of concrete were 0.60, 0.65 and 0.70 with slump from 3" to 4".

In the analysis of results, percentage variations were obtained with respect to PATRÓN, among the most prominent are: The compressive strength in RECO+SUST decreased on average 10.5 %, for RECO decreased on average 17.2 % and in RECO+ADIT increased on average 1.2 %, the traction in RECO+SUST decreased on average 12.5 % and in RECO decreased on average 20.4 %, and the flexion in RECO+SUST decreased on average 11.4 % and in RECO decreased on average 22.2 %. It was shown in conclusion the significant influence of the use of AFRC in particular, mainly used in non-structural elements.

Keywords - Recycling, substitution, design, properties.

Prólogo

El rubro de la construcción se encuentra en aumento año tras año y con ello el agotamiento de recursos no renovables como son los agregados, componentes mayoritarios del concreto. Asimismo, los residuos de construcción y demolición conllevan una problemática creciente ante un inadecuado proceso de disposición final de los mismos.

Ante la problemática descrita, surge la necesidad de la reutilización de los desechos asociados a la construcción y la demolición, es por ello que, en la presente tesis, en línea del cuidado medioambiental, se presenta diseños de mezclas de concreto usando un agregado fino reciclado comercial, se estudia las propiedades del concreto resultante y se efectúa un análisis comparativo de resultados respecto al concreto producido de manera tradicional con agregados naturales.

La presente tesis se toma como base para futuras investigaciones relacionadas a la producción de concreto con agregado fino reciclado comercial, así como para la producción de elementos de concreto de composición con agregado fino reciclado comercial y que cumplan con las especificaciones adecuadas de cada proyecto en uso.

Lista de tablas

Tabla 1. Propiedades y Componentes del Cemento Sol Tipo I.	27
Tabla 2. Análisis Granulométrico del Agregado Fino Natural.	29
Tabla 3. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso Natural.	30
Tabla 4. Análisis Granulométrico del Agregado Fino Reciclado Comercial.	31
Tabla 5. Consistencia de Mezcla de Concreto y su Asentamiento.	35
Tabla 6. Volumen de Agua por Metro Cúbico de Mezcla de Concreto (l/m^3).	35
Tabla 7. Contenido de Aire Atrapado en Mezcla de Concreto.	36
Tabla 8. Esfuerzo a Compresión para PATRÓN para relación $a/c=0.60$	39
Tabla 9. Dosificación para PATRÓN, $a/c= 0.60$, cantidad de agua = 230 L, Árido Fino / Árido Grueso = 56.06% / 43.94%.	40
Tabla 10. Esfuerzo a Compresión para PATRÓN para relación $a/c=0.65$	40
Tabla 11. Dosificación para PATRÓN, $a/c= 0.65$, cantidad de agua = 228 L, Arena / Piedra = 54.00% / 46.00%.	41
Tabla 12. Esfuerzo a Compresión a Edad de 7 Días para Porcentajes de Áridos Naturales para PATRÓN con $a/c=0.70$	42
Tabla 13. Dosificación para PATRÓN, $\text{agua/cemento}= 0.70$, cantidad de agua = 226.5 L, Arena / Piedra = 53.67/46.33.	43
Tabla 14. Esfuerzo a Compresión a Edad de 7 Días para Porcentajes de Áridos para RECO con $\text{agua/cemento}=0.60$	44
Tabla 15. Dosificación de RECO, $a/c = 0.60$, Cantidad de Agua = 235L, %Árido Fino Reciclado Comercial / %Árido Grueso Natural = 53.43/46.57.	45
Tabla 16. Esfuerzo a Compresión en 7 Días para Porcentajes de Áridos para RECO con $\text{agua/cemento}=0.65$	45
Tabla 17. Dosificación de RECO, $a/c= 0.65$, Cantidad de Agua = 231.5L, Arena Reciclada Comercial/ Piedra = 52.49% / 47.51%.	46
Tabla 18. Esfuerzo a Compresión en 7 Días para Porcentajes de Áridos para RECO con $a/c=0.70$	47
Tabla 19. Diseño de Concreto RECO, $a/c = 0.70$, Cantidad de agua = 230L, Agregado Fino Reciclado Comercial / Agregado Grueso Natural = 54.44% / 45.56%.	48
Tabla 20. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, $\text{agua/cemento}=0.60$ con 25% de sustitución.	49
Tabla 21. Dosificación RECO+SUST, $\text{agua/cemento} = 0.60$ con 25% de sustitución, Cantidad de Agua = 231.25 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 55.40% / 44.60%.	49
Tabla 22. Propiedades de Materiales para Diseño de RECO+SUST, $\text{agua/cemento}=0.60$ con 50% de sustitución.	50
Tabla 23. Dosificación RECO+SUST, $\text{agua/cemento} = 0.60$ con 50% de sustitución, Cantidad de Agua = 232.5 L, Árido Fino / Árido Grueso = 54.75% / 45.25%.	50
Tabla 24. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, $\text{agua/cemento}=0.60$ con 75% de sustitución.	51
Tabla 25. Dosificación RECO+SUST, $\text{agua/cemento} = 0.60$ con 75% de sustitución, Cantidad de Agua = 233.75 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 54.09% / 45.91%.	51
Tabla 26. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, $\text{agua/cemento}=0.65$ con 25% de sustitución.	52

Tabla 27. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.65 con 25% de sustitución, Agua = 228.88 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 53.62% / 46.38%.....	52
Tabla 28. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, agua/cemento=0.65 con 50% de sustitución.	53
Tabla 29. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.65 con 50% de sustitución, Cantidad de Agua = 229.75 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 53.25% / 46.75%.....	53
Tabla 30. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, agua/cemento=0.60 con 75% de sustitución.	54
Tabla 31. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.65 con 75% de sustitución, Cantidad de Agua = 230.63 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 52.87% / 47.13%.....	54
Tabla 32. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, agua/cemento=0.70 con 25% de sustitución.	55
Tabla 33. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.70 con 25% de sustitución, Contenido de Agua = 227.38 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 53.86% / 46.14%.....	55
Tabla 34. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, agua/cemento=0.70 con 50% de sustitución.	56
Tabla 35. Dosificación RECO+SUST, agua/c = 0.70 con 50% de sustitución, Cantidad de Agua = 228.25 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 54.06% / 45.94%.....	56
Tabla 36. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, agua/cemento=0.70 con 75% de sustitución.	57
Tabla 37. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.70 con 75% de sustitución, Cantidad de Agua = 229.13 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 54.25% / 45.75%.....	57
Tabla 38. Dosificación de RECO+ADIT, agua/cemento= 0.60, Agua = 200 L, Superplastificante = 0.7% masa , Árido reciclado / Piedra = 53.43% / 46.57%.....	58
Tabla 39. Dosificación de RECO+ADIT, agua/cemento= 0.65, Cantidad de Agua = 196 L, Superplastificante = 0.7% masa, Árido reciclado / Piedra = 52.49% / 47.51%.....	58
Tabla 40. Dosificación de RECO+ADIT, agua/cemento= 0.70, Cantidad de Agua = 194 L, Superplastificante = 0.7% masa, Árido reciclado / Piedra = 54.44% / 45.56%.....	59
Tabla 41. Consistencia de las Clases de Mezcla.	61
Tabla 42. P.U. de las Clases de Mezclas.....	62
Tabla 43. Contenido de Aire de las Clases de Mezcla.	63
Tabla 44. Exudación de las Clases de Mezcla.	64
Tabla 45. TFI y TFF de las Clases de Mezcla.	65
Tabla 46. Esfuerzo a Compresión a los 7 y 28 días de las Clases de Mezcla....	66
Tabla 47. Esfuerzo a Tracción a los 7 y 28 días de las Clases de Mezcla.	67
Tabla 48. Esfuerzo a Flexión a 7 y 28 días de las Clases de Mezcla.	68
Tabla 49. P.U. de Arena Natural y Arena Reciclada con Análisis Porcentual....	69
Tabla 50. P.U. de la Piedra Natural.....	69
Tabla 51. Pesos Específicos de la Arena Natural y Arena Reciclada con Análisis Porcentual.....	70
Tabla 52. Pesos Específicos de la Piedra Natural.....	70
Tabla 53. Porcentaje de Absorción de la Arena Natural y Arena Reciclada con su Análisis Porcentual.	71
Tabla 54. Porcentaje de Absorción de Piedra Natural.....	71

Tabla 55. Análisis Granulométrico de Agregado Fino Natural y Reciclado Comercial.....	71
Tabla 56. Asentamiento de los Tipos de Concreto y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.	74
Tabla 57. P.U. de los Tipos de Concreto y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.	77
Tabla 58. Contenido de Aire de los Tipos de Concreto y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.	79
Tabla 59. Exudación de los Tipos de Concreto y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.	82
Tabla 60. T.F.I y T.F.F. de los Tipos de Concreto y Porcentaje Respecto a PATRÓN.	85
Tabla 61. Esfuerzo a Compresión y Porcentaje Respecto a PATRÓN, agua/cemento = 0.60.....	87
Tabla 62. Esfuerzo de Resistencia a Compresión y Porcentaje Respecto a PATRÓN, a/c = 0.65.	88
Tabla 63. Esfuerzo a Compresión y Porcentaje Respecto a PATRÓN, agua/cemento = 0.70.....	89
Tabla 64. Esfuerzo a Compresión de las Clases de Mezcla y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.	91
Tabla 65. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 7 Días y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.....	94
Tabla 66. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 28 Días y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.....	96
Tabla 67. Esfuerzo a la Flexión de las Clases de Mezclas a los 7 Días y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.....	99
Tabla 68. Esfuerzo a la Flexión de las Clases de Mezcla a los 28 Días y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.....	101
Tabla 69. Costo Unitario de Materiales en Obra Para Concreto.....	103
Tabla 70. Costo de Elaboración de un metro cúbico de PATRÓN, agua/cemento=0.60.	103
Tabla 71. Costo de Elaboración de un metro cúbico de PATRÓN, agua/cemento=0.65.	104
Tabla 72. Costo de Elaboración de un metro cúbico de PATRÓN, agua/cemento=0.70.	104
Tabla 73. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO, agua/cemento=0.60.	104
Tabla 74. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO, agua/cemento=0.65.	105
Tabla 75. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO, agua/cemento=0.70.	105
Tabla 76. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, agua/cemento=0.60 con 25% de sustitución.	106
Tabla 77. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.60 con 50% de sustitución.	106
Tabla 78. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, agua/cemento=0.60 con 75% de sustitución.	107
Tabla 79. Costo de Elaboración de 1m ³ de RECO+SUST, a/c=0.65 con 25% de sustitución.	107
Tabla 80. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, agua/cemento=0.65 con 50% de sustitución.	108
Tabla 81. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.65 con 75% de sustitución.	108

Tabla 82. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.70 con 25% de sustitución.	109
Tabla 83. Costo de Elaboración de 1m ³ de RECO+SUST, a/c=0.70 con 50% de sustitución.	109
Tabla 84. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.70 con 75% de sustitución.	110
Tabla 85. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+ADIT, agua/cemento=0.60.	110
Tabla 86. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+ADIT, agua/cemento=0.65.	111
Tabla 87. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+ADIT, agua/cemento=0.70.	111
Tabla 88. Costo de Materiales y Esfuerzo a Compresión a 7 y 28 Días de las Clases de Mezclas.	112
Tabla 89. Costo de Materiales de las Clases de Mezcla y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.	114

Lista de figuras

Figura 1. Granulometría del Agregado Fino Natural.....	29
Figura 2. Granulometría del Agregado Grueso Natural	30
Figura 3. Granulometría del Agregado Fino Reciclado Comercial.....	31
Figura 4. PUC de la Combinación de Agregados Naturales vs Porcentaje de Arena Natural.	32
Figura 5. PUC de la Combinación de Agregado natural y reciclado vs Porcentaje de Agregado Fino Reciclado Comercial.....	33
Figura 6. PUC de Combinación de Agregados vs Esfuerzo a Compresión de PATRÓN, agua/cemento=0.60.	39
Figura 7. PUC de la Combinación de Áridos vs Esfuerzo a Compresión de PATRÓN, agua/cemento=0.65.	41
Figura 8. P.U.C. de mezcla de áridos y Esfuerzo a Compresión de PATRÓN, agua/cemento=0.70.	42
Figura 9. P.U.C. de la Combinación de Áridos y Esfuerzo a Compresión RECO, agua/cemento=0.60.	44
Figura 10. PUC de la Combinación de áridos y Esfuerzo a Compresión de RECO agua/cemento=0.65.	46
Figura 11. PUC de la Combinación de Áridos y Esfuerzo a Compresión para RECO, agua/cemento=0.70.	47
Figura 12. Curva Granulométrica de Arena Natural y Arena Reciclada.....	72
Figura 13. Asentamiento de las Clases de Concreto y Porcentaje Respecto a PATRÓN.	75
Figura 14. Peso Unitario de los Tipos de Concreto.	77
Figura 15. Contenido de Aire de las Clases de Mezcla.	80
Figura 16. Exudación de las Clases de Mezcla.....	83
Figura 17. Tiempo de Fragua Inicial de las Clases de Mezcla.....	85
Figura 18. Tiempo de Fragua Final de las Clases de Mezcla.....	86
Figura 19. Resistencia a Compresión de los Tipos de Concreto a los 28 Días. .	92
Figura 20. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 7 Días.	95
Figura 21. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 7 Días Para Cada Relación agua-cemento.	95
Figura 22. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 28 Días.	96
Figura 23. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 28 Días Para Cada Relación agua-cemento.....	97
Figura 24. Esfuerzo a la Flexión de las Clases de Mezcla a los 7 Días.....	99
Figura 25. Esfuerzo a la Flexión de las Clases de Mezcla a los 7 Días Para Cada Relación agua-cemento.....	100
Figura 26. Esfuerzo a la Flexión de las Clases de Mezclas a los 28 Días.....	101
Figura 27. Esfuerzo a la Flexión a los 28 Días para cada Relación a/c.....	102
Figura 28. Costo de las Clases de Mezcla.	115
Figura 29. Costo de las Clases de Mezcla Para Cada Relación a/c.....	115

Lista de símbolos y siglas

a/c	:	Relación agua cemento o agua cemento
%AFRC	:	Porcentaje de Agregado Fino Reciclado Comercial
ACI	:	American Concrete Institute
cm ²	:	Centímetro Cuadrado
cm ³	:	Centímetro Cúbico
CV	:	Coeficiente de variación
CV _{max}	:	Coeficiente de variación máximo
f'c	:	Esfuerzo de Resistencia a la compresión axial de concreto
gr	:	Gramo
H	:	Altura
IGV	:	Impuesto General a Ventas
kg	:	Kilogramo
lt	:	Litro
m ³	:	Metro cúbico
mm	:	Milímetro
MPa	:	Megapascal
Mr	:	Módulo de rotura
n	:	Cantidad de datos
NTP	:	Norma Técnica Peruana
PUC	:	Peso Unitario Compactado
PUS	:	Peso Unitario Suelto
Psi	:	Libra por pulgada cuadrada
S	:	Desviación estándar
T	:	Esfuerzo de Resistencia a la compresión diametral del concreto
T.F.F.	:	Tiempo de fraguado final
T.F.I.	:	Tiempo de fraguado inicial
t _{crit}	:	Valor critico t con n-2 grados de libertad.
TMN	:	Tamaño máximo nominal
UNICON	:	Unión de Concreteras S.A.
X _{max}	:	Valor máximo de campo muestral

$X_{\min}$	:	Valor mínimo de campo muestral
$\bar{X}$	:	Media
Δ	:	Variación
%	:	Porcentaje

Capítulo I: Introducción

1.1. Generalidades

En el mundo la actividad del reciclado, como parte del desarrollo sostenible, presenta retos de cómo es la mitigación de recursos no renovables (como lo es el agregado fino) y sus alternativas, cómo son los agregados (de origen natural o reciclada) que se emplean para la producción de concreto en planta en el sector construcción, entre otros.

Una realidad nacional en Perú en la actualidad importante en cuanto a demanda de construcciones (de concreto principalmente) de viviendas es pasar de construir 60,000 viviendas al año a 150,000 viviendas para que se pueda mitigar la brecha habitacional que se vive en el país, puesto que las viviendas de construcción informal en el Perú es del 80%, y en Lima Metropolitana es del 67% a pesar que el costo de construcción de vivienda formal es menor en 8% que el costo de construcción de vivienda informal y que en números se construyen 50,000 viviendas informales en Lima todos los años frente a los 21,000 construcciones de viviendas formales, un aspecto de la problemática socioeconómica.

A día de hoy, en la ciudad de Lima, hay un número pequeño de empresas que comercializan agregados reciclados provenientes de remanentes de concreto de la construcción y demolición principalmente de edificaciones de vivienda multifamiliares, postes de concreto, muros de contención, de los distritos de Lima Metropolitana, principalmente Jesús María, Lince, Surco, San Isidro, entre otros, que pasan por un proceso industrial de selección, trituración, en planta, lo que permite realizar una serie de investigaciones, que determine el comportamiento del concreto empleando dicho agregado fino reciclado comercial (AFRC).

Entonces, se va a estudiar propiedades físico-mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia utilizando agregado fino reciclado comercial en sustituciones parciales y total, comparables con otro convencional en base de agregados naturales usando relaciones a/c de 0.60, 0.65 y 0.70, como también un análisis de costo en condiciones de laboratorio de elaboración de los tipos de concreto de la investigación.

1.2. Descripción de la realidad problemática

El crecimiento continuo del sector construcción y en particular las relacionadas al concreto en todo el mundo, está incidiendo en el cambio de sus

políticas ante la problemática que generan sus residuos, pues es de importancia global identificar y gestionar los impactos medioambientales, sociales y económicos que ocasionan los mismos.

Se estima que se generan 1300 millones de toneladas de desechos cada año en toda Europa, del cual 510 millones de toneladas corresponden a los residuos de construcción y demolición (RCD), un valor casi duplicado al que produce en el continente Americano los Estados Unidos con sus 325 millones de toneladas de RCD y en Asia en el Japón con un valor de 77 millones de toneladas de RCD, siendo el concreto (junto a madera, acero, asfalto y otros en cantidades similares) un componente significativo (variando entre un 20% y 80% en los RCD en el planeta) de los desechos del mundo al ser el material artificial más utilizado por la humanidad, el cual el reuso como agregado reciclado representa por ejemplo entre un 6% y 8% del total de agregados utilizados en toda Europa (CSI, 2009).

En el Perú se estima mensualmente un total de 18 729 toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD) generados, lo que hace anualmente 224 748 toneladas totales (Aguilar y Loo, 2017); esto, comparable con toda América Latina y El Caribe, tenemos una reutilización en general regional de materiales secundarios inferior al 1% de los RCD (FICEM, 2024) , que es un valor muy por debajo del promedio mundial que es del 7.2% (Circle Economy Foundation, 2023).

En el país se tiene normativas iniciales de gestión de residuos de la construcción y de demolición que afronta en mejora progresiva las directrices del manejo de dichos residuos, pero aún es muy incipiente en cuanto a una realidad mancomunada.

Es tendencia mundial la fabricación de concreto reciclado usando solamente agregados gruesos reciclados en cantidades no mayores a porcentajes cerca del 30%; pero qué tan factible puede ser el uso solamente de agregado fino reciclado de residuos de concreto (de demoliciones en concreto, probetas de concreto) considerando un estudio sobre porcentajes hasta el 100% de dicho agregado (en gradaciones porcentuales desde el 0%) para elaboración de concreto, por tanto de este modo se obtendrá comparaciones en propiedades del concreto resultante.

De lo anteriormente descrito, la presente investigación pretende consolidar la teoría del reciclado en el concreto ante la problemática ya mencionada, y se

quiere dar a conocer que, con el estudio del uso de agregado fino reciclado comercial, obtenido de residuos de concreto, se puede obtener concretos con propiedades mecánicas similares a los concretos convencionales. La investigación se enfocará en concretos de mediana a baja resistencia (usando relaciones de agua/cemento: 0.60, 0.65 y 0.70) y si se determina un buen comportamiento físico-mecánico además de un costo sostenible, se podrá fomentar el uso de agregados finos reciclados (AFR) generando el menor impacto negativo posible de contaminación socioambiental.

1.3. Problemas de estudio

1.3.1. Problema general

- ¿Es factible, en cuanto a propiedades físico-mecánicas y costo de concreto resultante, el reemplazo del agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial de la zona central de Lima Metropolitana?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto del uso de agregado fino reciclado comercial de la zona central de Lima Metropolitana en las propiedades físicas del concreto fresco resultante?
- ¿Cuál será el efecto del uso de agregado fino reciclado comercial de la zona central de Lima Metropolitana en las propiedades mecánicas del concreto endurecido resultante?
- ¿Cuál será el efecto de reemplazar agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial de la zona central de Lima Metropolitana en el costo del concreto resultante?

1.4. Objetivos de estudio

1.4.1. Objetivo general

Estudiar las características físico-mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia para relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70 utilizando agregado fino reciclado (AFR), como alternativa de material de construcción.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades físicas del concreto en estado fresco utilizando porcentajes de sustitución (25%, 50%, 75% y 100%) de agregado fino

reciclado (AFR) y cemento Portland tipo I, con respecto al del concreto patrón (0% de AFR).

- ✓ Determinar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido utilizando porcentajes de sustitución (25%, 50%, 75% y 100%) de agregado fino reciclado (AFR) y cemento Portland tipo I, con respecto al del concreto patrón (0% de AFR).
- ✓ Realizar un estudio comparativo de costos del concreto de mediana a baja resistencia usando agregado fino reciclado (AFR) con el concreto de mediana a baja resistencia usando agregados naturales.

1.5. Formulación de hipótesis

La utilización de agregado fino reciclado (AFR) en porcentajes distintos de sustitución (0%, 25%, 50%, 75% y 100%) influirá en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia.

1.5.1. Hipótesis específicas

- Las propiedades físicas del concreto en estado fresco variarán utilizando porcentajes de sustitución (25%, 50%, 75% y 100%) de agregado fino reciclado respecto al del de agregados naturales.
- Las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido variarán utilizando porcentajes de sustitución (25%, 50%, 75% y 100%) de agregado fino reciclado respecto al del de agregados naturales.
- El costo del concreto variará utilizando porcentajes de sustitución (25%, 50%, 75% y 100%) de agregado fino reciclado respecto al del de agregados naturales.

1.6. Fundamentos de la metodología de la investigación

1.6.1. Enfoque de investigación

Hernández et. al (2018), indicaron que una investigación presenta un enfoque cuantitativo porque desarrolla experimentaciones controladas o análisis de causalidad mediante la recolección de datos numéricos, pretendiendo generalizar resultados, donde el objetivo principal es estimar magnitudes de fenómenos.

La investigación presente tiene un enfoque o ruta cuantitativa porque buscó generalizar algunos resultados de las propiedades del concreto de mediana a baja resistencia al reemplazar el agregado fino natural por el agregado fino reciclado comercial en base a la recopilación-medición de data numérica de propiedades de los agregados (natural y reciclado comercial) y del concreto resultante.

1.6.2. Tipo de investigación

Hernández et. al (2018), indicaron que una investigación es del tipo experimental cuando se desea conocer los posibles efectos sobre variables dependientes a partir de supuestas causales (variables independientes), manipulándolas de manera controlada, y fijando las condiciones necesarias para que se dé dicha investigación.

La investigación presente es del tipo de investigación experimental debido a que se manipuló la cantidad de reemplazo en porcentajes preestablecidos de agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial en concretos de mediana a baja resistencia para conocer los efectos sobre algunas propiedades físicas y mecánicas del concreto resultante.

1.6.3. Nivel de investigación

Hernández et. al (2018), indicaron que una investigación presenta un alcance o nivel del tipo descriptivo tiene como propósito pretender particularizar o especificar propiedades o características de variables o conceptos sometido a análisis.

La investigación presente presenta un nivel o alcance descriptivo porque busca caracterizar algunas propiedades físicas en estado fresco del concreto resultante y propiedades mecánicas en estado endurecido del mismo al reemplazar agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial en porcentajes preestablecidos.

1.6.4. Diseño de investigación

Hernández et. al (2018), dijeron que una investigación presenta una estrategia concebida o diseño del tipo experimental porque tiene como objetivo obtener información de la influencia o efectos relacionadas a variables de control sobre estudios de intervención manipulándolos deliberadamente.

La presente investigación tiene una estrategia o diseño experimental porque se manipuló de manera intencional las variables independientes, bajo condiciones controladas, como las propiedades de los agregados naturales y del reciclado

comercial con la finalidad de analizar sus consecuentes efectos en propiedades físico-mecánicas del concreto, así como su influencia en el costo del mismo.

Capítulo II: Marco teórico y conceptual

2.1. Antecedentes de la investigación

Sumari (2016), en su tesis “Estudio del concreto de mediana a alta resistencia elaborado con residuos de concreto y cemento Portland tipo I” analizó el uso de agregados fino y grueso reciclado (obtuvo de la trituración manual de muestras cilíndricas de concreto de diversas obras de Lima), con el objetivo de estudiar la factibilidad del concreto reciclado (a partir de propiedades del agregado, concreto fresco y endurecido) con respecto a un concreto convencional para un slump de 3” a 4”. Para el concreto diseñado inicialmente para una relación de a/c de 0.45, 0.50 y 0.55 con agregado natural (fino y grueso), obtuvo un contenido de cemento Sol tipo I de 604kg, 508kg y 445kg por metro cúbico de concreto, obteniéndose resistencias a la compresión de 414kg/cm², 370kg/cm² y 300kg/cm² a los 28 días respectivamente. Para el concreto con sustitución total (100%) de agregados reciclados (fino y grueso) se mantuvo las cantidades de cemento del diseño del concreto patrón obteniéndose una variación de la relación agua/cemento quedando los a/c en 0.41, 0.44 y 0.49, en la cual las resistencias a la compresión de compresión resultaron 374kg/cm², 343kg/cm² y 292 kg/cm² a los 28 días respectivamente, concluyéndose principalmente que se tuvo una disminución porcentual de 9.7%, 7.3% y 2.7% respectivamente con respecto al diseño patrón. En cuanto a las recomendaciones indica principalmente que para usos en elementos estructurales del concreto reciclado se requerirán ensayos como la durabilidad, adherencia al acero, entre otros.

Palomino y Barreto (2014), en su tesis “Influencia del agregado de concreto reciclado fino en las propiedades mecánicas y de resistencia de un concreto hidráulico de alta resistencia”, analizaron el uso de agregado fino de concreto reciclado (AFCR) en concreto de alta resistencia (usaron una relación a/c de 0.4) para distintos porcentajes de AFCR a los que analizaron propiedades mecánicas y de resistencia; cabe resaltar que usaron aditivo plastificante para aumentar la trabajabilidad (al llegar a las muestras del 50% de reemplazo de AFCR fue necesario aumentar el porcentaje de aditivo sin exceder el máximo permitido en las especificaciones del plastificante que usaron), realizaron mezclas de concreto con 8 distintos porcentajes de AFCR (0%, 20%, 25%, 30%, 35%, 50%, 75% y 100%) a los que se les realizó ensayos de compresión, tracción y flexión; concluyeron que a mayor porcentaje de AFCR usado, las resistencias a la

“Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia utilizando agregado fino reciclado”

Bach: Carlos Anthony Vladimir Sánchez Chuchón

compresión, tracción y flexión disminuyen sin tener variaciones porcentuales significativas en los resultados en comparación con la muestra patrón (muestra con agregados naturales).

López et al. (2020), en su trabajo "Factibilidad del remplazo de agregados finos reciclados de demolición en las propiedades físicas de concreto estructural" realizaron su investigación con el objetivo de desarrollar una metodología (nueva) de control de reemplazo de agregados finos procedentes de demolición y determinar el efecto de éstos en las propiedades del concreto obtenido como resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción indirecta y trabajabilidad (coeficiente de migración de cloruros en estado no estacionario y sorptividad). Analizaron especímenes de concreto con distintos porcentajes (0%, 30%, 50%, 75% y 100%) de reemplazo de NFA (agregado fino natural) por RFA (agregado fino reciclado) con un control aplicando un nuevo método el cual se basó en la división de la curva granulométrica recomendada por la ASTM C 33-18 en tres zonas granulométricas (zona 1 arena fina, zona 2 arena media y zona 3 arena gruesa), además de emplear la metodología de enfoque de mezclado en dos tiempos (primero se mezclan los agregados gruesos, finos, cemento con la mitad del agua necesaria y por último se adiciona el agua restante en tiempos predeterminados). Obtuvieron que la mezcla con 30% RFA desarrolló 46MPa de resistencia, un 6% menos respecto a la mezcla sin reemplazo de agregado (100% NFA) la cual desarrolló 49MPa a los 56 días, la mezcla con 50% RFA desarrolló 43MPa y las mezclas con reemplazos del 75% RFA y 100% RFA desarrollaron valores de resistencia de 40MPa. En cuanto a la resistencia a la flexión en las mezclas sin remplazo 100%NFA los concretos desarrollaron 46MPa, las mezclas con 30%RFA, 50%RFA, 75%RFA y 100%RFA desarrollaron 35MPa, 29MPa, 24MPa y 18MPa respectivamente. En la tracción indirecta las variaciones de los resultados se encuentran un 7.5% en los diferentes valores de reemplazo de agregados (entre 2.4 MPa y 3.4 MPa). Los resultados de los coeficientes de migración de cloruros (en m^2/s) para mezclas de concreto de 0%RFA, 30%RFA, 50%RFA, 75%RFA y 100%RFA fueron 9×10^{-12} , 1×10^{-11} , 1.3×10^{-11} , 1.8×10^{-11} y 2.1×10^{-11} respectivamente. Concluyeron que el reemplazo del agregado natural por arena reciclada en altos porcentajes (75 y 100%), haciendo uso de la metodología de las tres zonas, produjo mejoras en las propiedades mecánicas del concreto respecto a lo reportado en la comunidad científica. Además, concluyeron que el uso de la forma de reemplazo redujo en sólo el 6.1% la resistencia a la

compresión del concreto cuando se reemplaza el 30% de agregado natural lo que resaltaron como la opción clara para producir concretos sin mayores impactos en sus propiedades mecánicas (las reducciones respecto al diseño patrón con 30% de reemplazo de RFA fueron del orden de 7.4% para la tracción indirecta y 8.2% para la flexión).

Burgos, Guzmán y Torres (2019), en su artículo “Desempeño mecánico y durable de concretos que incorporan agregado reciclado fino comercial” desarrollaron un estudio de viabilidad técnica del uso de agregado fino reciclado comercial (ARF) en concretos de mediana resistencia (relación a/c de 0.50) a la cual se le evaluó su desempeño mecánico y durable a partir de propiedades como la densidad, absorción, sorptividad, resistencia mecánica, tracción indirecta y permeabilidad al ion cloruro a los especímenes con incorporación de 20% y 40% de AFR sustituyendo al agregado fino natural. Se concluyó que la consistencia de los concretos de ARF no se ve afectada cuando el agregado fino natural se reemplaza hasta en un 40% de agregado reciclado fino comercial. La densidad y resistencia al a compresión de los concretos con agregado reciclado fino comercial en un 20% y el de 40% en estado endurecido, disminuyen mínimamente al incrementar el agregado reciclado fino, esto debido a la adecuada granulometría por el agregado reciclado que contribuye al efecto relleno. En el caso de los resultados de la permeabilidad, se notó un incremento del mismo al incrementarse el contenido de agregado reciclado fino comercial, lo cual en el caso de la resistencia a la penetración del ion cloruro se vio reducida su capacidad. Sin embargo, el análisis a mayores días de curado en la investigación (90 días) permite ubicar a los concretos de agregado reciclado fino comercial del 20% y 40% en zonas de baja y moderada permeabilidad.

Ponce (2014), en su tesis “Estudio del concreto reciclado de mediana a baja resistencia, utilizando cemento Portland tipo I”, usó agregados reciclados (grueso y fino obtenidos de trituración manual de probetas) para un concreto diseñando con slump de 3” a 4” con respecto a un diseño patrón tradicional (con agregados naturales). Los diseños de mezcla se emplearon una misma cantidad de cemento por metro cúbico de concreto de 260kg, 300kg y 358.33kg para a/c de 0.80, 0.70 y 0.60 respectivamente para concreto patrón y a/c de 0.87, 0.77 y 0.66 respectivamente para concreto reciclado. Las resistencias obtenidas a la compresión luego de 28 días para el concreto patrón fueron 202kg/cm², 258kg/cm²

y 313 kg/cm^2 (para a/c 0.80, 0.70 y 0.60, respectivamente) mientras que usando agregados reciclados obtuvo resistencias de compresión a los 28 días de 196 kg/cm^2 , 238 kg/cm^2 y 266 kg/cm^2 (para a/c 0.87, 0.77 y 0.66, respectivamente) con lo cual se obtuvo una disminución de resistencia a la compresión desde un 3.2% hasta un 14.9%. Para la resistencia a la tracción por compresión diametral de los especímenes reciclados se encontró que los valores tuvieron un rango entre el 86% al 92% con respecto al del concreto patrón. Además, recomendó que se puede emplear aditivo plastificante o fluidificante para disminuir los contenidos de agua en el proceso de diseño esto permitiría un aumento de la resistencia a la compresión axial debido a que el agua disminuiría.

Por tanto, los primeros antecedentes acerca de la factibilidad e influencia del uso del agregado fino reciclado se enfocaron básicamente en encontrar resultados comparables a concretos de alta resistencia (como López et al. en 2020 o Palomino y Barreto en 2014) a partir de porcentajes de sustitución del agregado fino natural por agregado fino reciclado logrando resistencias aceptables cercanas al concreto patrón para algunos porcentajes de sustitución en específico en la mezcla de concreto. Cabe mencionar que las anteriores investigaciones no emplearon ningún aditivo a la mezcla y tampoco analizaron para concretos de mediana a baja resistencia, así como un análisis de costos para los distintos especímenes obtenidos.

En el campo de los concretos de mediana resistencia utilizando agregados reciclados obtenidos de manera manual, por rotura y luego tamizado, se hizo trabajos acerca de su uso (como Sumari en 2016 o Ponce en 2014) empleando en su totalidad (100%) agregado fino reciclado como agregado grueso reciclado, obteniendo resultados comparables, aunque no mantuvieron la relación agua / cemento constante. Cabe mencionar que en estas investigaciones no emplearon aditivos y tampoco analizaron ensayos a flexión del concreto reciclado.

Por tanto, son pocas las investigaciones acerca de la sustitución del agregado fino natural por agregado fino reciclado en las que se haya analizado el concreto manteniendo constante la relación a/c (para concreto de mediana a baja resistencia) y a la vez emplearan las propiedades físicas de los agregados reciclados en los diseños de mezcla, por lo general sólo se consideraba la sustitución de agregado fino natural por agregado fino reciclado sin consideración

de las propiedades físicas del reciclado en el diseño de mezcla, esto es importante porque no hay una precisión general (dado los antecedentes) de efectos en resistencia para las relaciones a/c estudiadas en concretos con porcentaje de sustitución de agregado reciclado. Además, no hubo un análisis en tendencia en antecedentes de la resistencia a la flexión (módulo de rotura) del concreto con porcentajes de sustitución de agregado fino reciclado para concretos de mediana a baja resistencia. También, no hubo un análisis de factibilidad en cuanto a lo económico (costo de concreto) en la elaboración de mezclas de concreto con agregado reciclado para su aplicación.

Entonces, siguiendo la línea de investigación de trabajos anteriores, en la presente investigación se estudió la utilización de agregado fino reciclado comercial (en sustituciones del agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial en 25%, 50%, 75% y 100%) para elaboración de concretos de mediana a baja resistencia (relación agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70). Adicional a ello se realizaron mezclas de concreto con aditivo superplastificante para el caso en que la sustitución del agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial sea del 100%). Además, se realizó un análisis de costo de las mezclas de concreto con y sin agregado fino reciclado comercial.

2.2. Concreto

De acuerdo con INDECOPI (2023), en la NTP 339.047, se desprende que el concreto es un medio compuesto (mezcla) que se presenta como un ligante de partículas de agregados, que para el caso del concreto hidráulico la pasta aglomerante está conformada esencialmente por agua y cemento hidráulico.

2.3. Agregados

Abanto, F. (2017), indicó que son un conjunto de partículas áridas inertes que en combinación con el agua y los materiales cementantes conforman el mortero y concreto, razón por la cual se da importancia al tipo, resistencia y durabilidad de los mismos ya que pueden reducir el enlace con la mezcla de cemento.

Otro aspecto importante de estas partículas inorgánicas (agregados) es que influyen en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla de concreto debido a que representan un alto porcentaje tanto en volumen (alrededor del 75%) como en masa del concreto resultante, por ende, es importante también considerar un punto como la calidad de los agregados para el concreto que se desea producir.

2.4. Concreto reciclado

De acuerdo con INDECOPI (1999), de la NTP 400.053, se desprende que el concreto reciclado es aquel concreto cuyos agregados están compuestos de manera parcial o total de gravas, granulados de concreto y/o arenas recicladas.

En esa misma línea, la norma especifica que los granulados de concreto son materiales de construcción secundarios obtenidos del procesamiento del concreto y del mortero de demolición, reduciéndolo a tamaños de partículas comparables como al de los agregados empleados en la construcción.

2.5. Agregado reciclado

Es el agregado de origen en el procesamiento de residuales de inorgánicos de los procesos de la construcción y demoliciones, cuya materia base son los materiales pétreos (ACHE, 2006).

Las exigencias de las diferentes normativas a nivel mundial enmarcan una serie de requisitos y alcances técnicos entorno al dimensionado, propiedades, impurezas del agregado reciclado que, por muchos años, han sido materia de estudio.

En la presente investigación se empleó agregado fino reciclado comercial de la empresa FOCSAC, de nombre comercial CONSTRUCCIONES ECOLÓGICAS, la cual obtiene dicho agregado a través de un proceso de selección y trituración de los residuos de construcción y demolición de las diferentes obras de la región Lima.

2.6. Ensayo de resistencia a la compresión

De acuerdo con INDECOPI (2021), en la NTP 339.034, se desprende que el método consiste en aplicar cargas y esfuerzos de forma axial a especímenes cilíndricos previamente dimensionadas a una velocidad específica de 0.25 ± 0.05 MPa/s hasta que se produzca la rotura o falla. El valor de resistencia se obtiene al dividir el valor de carga máxima durante el ensayo sobre el área de la sección transversal del espécimen ensayado.

El valor de resistencia de compresión (f'_c) se expresa por lo general en unidades de kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm^2). Este valor es una de las características principales del concreto en estado endurecido, ya que dicha propiedad nos permite realizar diseños para elementos estructurales, así como para el control de calidad del mismo.

2.7. Ensayo de resistencia a la tracción

De acuerdo con INDECOPI (2022), en la NTP 339.084, se desprende que el ensayo consiste en aplicar cargas y requiere esfuerzos a compresión al espécimen cilíndrico en toda su longitud a una velocidad que puede ir entre 0.7 MPa/min a 1.4 MPa/min hasta el momento de la rotura o falla. El valor de resistencia de este ensayo se obtiene al dividir el valor de la carga máxima encontrada sobre el área longitudinal de la probeta de concreto, dicho valor se expresa usualmente en unidades de kilogramos fuerza por centímetro cuadrado(kg/cm²).

La norma dentro de sus exigencias indica procedimientos específicos para los especímenes en torno al marcado mediante líneas diametrales, así como el dimensionado de los mismos.

2.8. Ensayo de resistencia a la flexión en vigas

Según INDECOPI (2022), en la NTP 339.078, se desprende que el ensayo consiste en la aplicación de una carga a los tercios de la luz de un espécimen de viga de prueba a una velocidad constante en el rango de 0.9 MPa/min y 1.2 MPa/min hasta producir el punto de falla o rotura. El valor del esfuerzo de tensión en la fibra extrema del elemento en prueba es un indicador importante para elementos estructurales como losas, pisos industriales entre otros.

Capítulo III: Características de los materiales del concreto

El estudio de las propiedades y características de los componentes del concreto toma significancia ya que a partir de los ensayos normalizados que se realizan se obtienen indicadores (parámetros) que nos permite reconocer la calidad de los mismos, establecer comparables a partir de valores normados, y realizar un diseño de mezcla de concreto acorde con los fines distintos.

Los ensayos de los componentes del concreto, del concreto en sí, tanto en estado fresco como en estado endurecido, se realizó en el Laboratorio N°1 de Ensayos de Materiales LEM-FIC de la Universidad Nacional de Ingeniería

3.1. Cemento

La presente investigación empleó el cemento Portland Tipo I, de la marca SOL, que es usado en muchas aplicaciones generales de obra. Este cemento es uno de los tantos productos comerciales de la empresa UNACEM.

Se empleó este tipo de cemento por ser de uso para construcciones generales donde no se solicita características especiales o no indiquen un tipo de cemento en particular. Este cemento cumple las exigencias de la Norma Técnica Peruana 334.009:2023 “CEMENTOS. Cementos Pórtland. Requisitos. 9ª Edición”.

Las propiedades físicas y químicas del cemento Tipo I se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.

Propiedades y Componentes del Cemento Sol Tipo I.

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP 334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	7	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.09	Máximo 0.8
Superficie específica	m ² /kg	323	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.13	No especifica
Fraguado Vicat inicial	min	129	45 a 375
MgO	%	2.9	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.9	Máximo 1.5
C ₂ S (Silicato bicálcico)	%	12	No especifica
C ₃ S (Silicato tricálcico)	%	55	No especifica
C ₃ A (Aluminato tricálcico)	%	10	No especifica
C ₄ AF (Ferroaluminato tetracálcico)	%	10	No especifica

Fuente: Ficha técnica publicada por el fabricante.

3.2. Aditivo superplastificante

La presente investigación empleó el aditivo químico para concreto llamado MasterEase 3900 de la empresa internacional Master Builders Solutions, la cual es un aditivo reductor de agua de alto rango como indica su ficha técnica la cual presenta características de baja viscosidad para el concreto resultante y una reología mejorada, además de presentar una buena consistencia permanente. En el Anexo F se muestra la Ficha Técnica de este aditivo químico.

El aditivo químico cumplía con la Norma Técnica Peruana 334.088:2021 “CEMENTOS. Aditivos químicos para concreto. Especificaciones. 4ª Edición”.

3.3. Agua

El agua empleada para la elaboración de concreto y el curado del mismo es del suministro de la Red de Agua del LEM-FIC de la Universidad Nacional de Ingeniería, que es un agua potable que no requiere ensayos previos de análisis de composición del mismo, según la Norma Técnica Peruana 339.088:2021 “CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento hidráulico. Especificaciones. 4ª Edición”.

3.4. Agregados

Los ensayos normados realizados a los agregados (natural y reciclado) para el concreto y la determinación de los parámetros de los mismos se efectuaron en el Área de Agregados del Laboratorio N°1 de Ensayos de Materiales (LEM-FIC). El agregado fino natural (arena gruesa) proviene de la cantera de Trapiche y el agregado grueso natural (piedra) proviene de la cantera de UNICON. El agregado fino reciclado se obtuvo de la planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición de la empresa FOCSAC-Construcciones Ecológicas de Villa El Salvador-Lima, la cual almacena sus productos alejados de contaminantes y humedad luego de pasar por un proceso de trituración y selección.

El cálculo a detalle de cada propiedad preestablecida de los agregados se muestra en el Anexo A.

3.4.1. Análisis granulométrico

La gradación o granulometría de los agregados (natural y reciclado) se determinó de acuerdo a los requisitos, así como los procedimientos, exigidos por la Norma Técnica Peruana 400.012:2021 “AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4ª Edición”, la cual son comparables

al huso granulométrico de porcentajes que pasa por los tamices normalizados de agregados indicados en la Norma Técnica Peruana 400.037:2021 “AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones. 5ª Edición”.

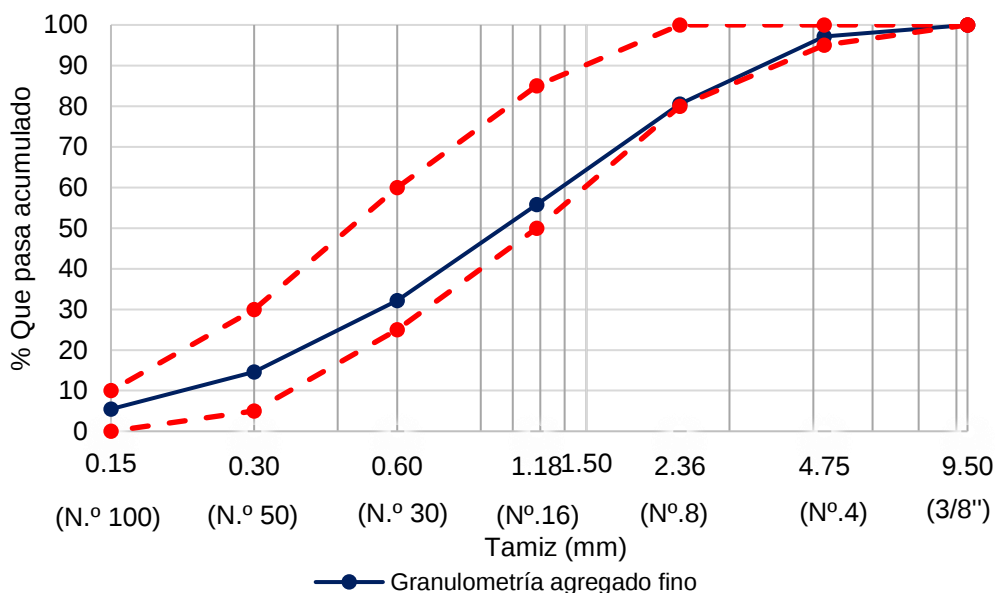
En la Tabla 2 y Figura 1 se muestra los resultados del ensayo granulométrico para el agregado fino natural.

Tabla 2. Análisis Granulométrico del Agregado Fino Natural.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado	% de límite de huso NTP 400.037	
3/8"	9.50	0.00	0	0	100	100	100
Nº 4	4.75	48.20	2.83	2.83	97.17	95	100
Nº 8	2.36	282.50	16.60	19.43	80.57	80	100
Nº 16	1.18	421.40	24.76	44.19	55.81	50	85
Nº 30	0.60	401.60	23.60	67.79	32.21	25	60
Nº 50	0.30	299.10	17.57	85.36	14.64	5	30
Nº 100	0.15	156.20	9.18	94.54	5.46	0	10
Fondo	0.00	92.90	5.46	100	0	-	-
Total		1701.90	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Granulometría del Agregado Fino Natural.



Fuente: Elaboración propia.

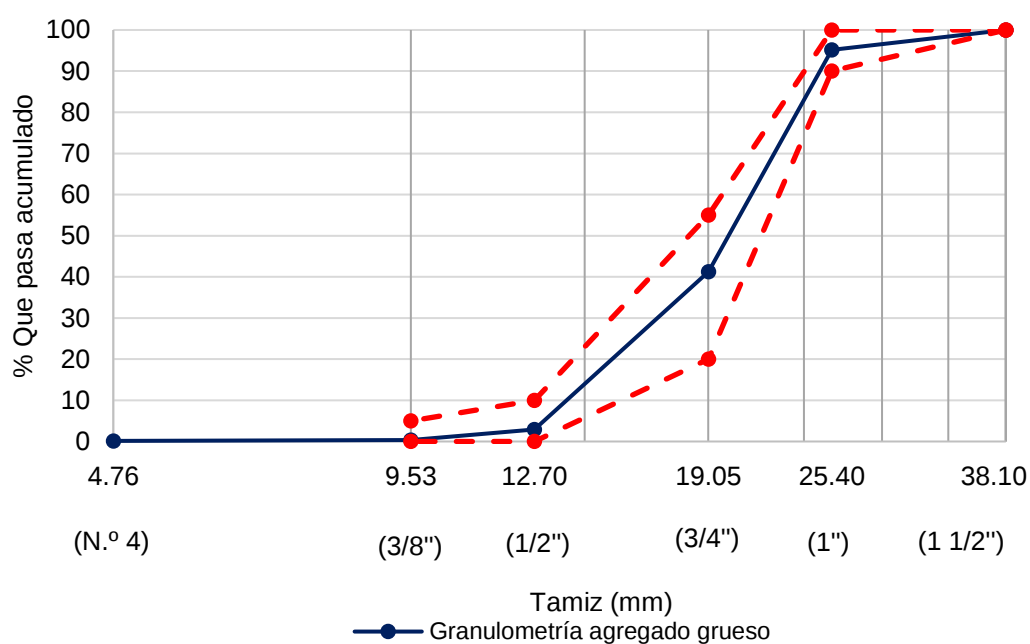
En la Tabla 3 y Figura 2 se muestra los resultados del ensayo y huso granulométricos 5 para el agregado grueso natural.

Tabla 3. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso Natural.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado	% de límite de huso 5 NTP 400.037	
1 1/2"	38.10	0.00	0	0	100	100	100
1"	25.40	1454.60	4.85	4.85	95.15	90	100
3/4"	19.05	16176.00	53.92	58.77	41.23	20	55
1/2"	12.70	11495.10	38.32	97.09	2.91	0	10
3/8"	9.53	756.40	2.52	99.62	0.38	0	5
Nº 4	4.76	73.20	0.24	99.86	0.14	-	-
Fondo	0.00	42.20	0.14	100.00	0.00	-	-
Total		29997.50	-	-	-		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Granulometría del Agregado Grueso Natural.



Fuente: Elaboración propia.

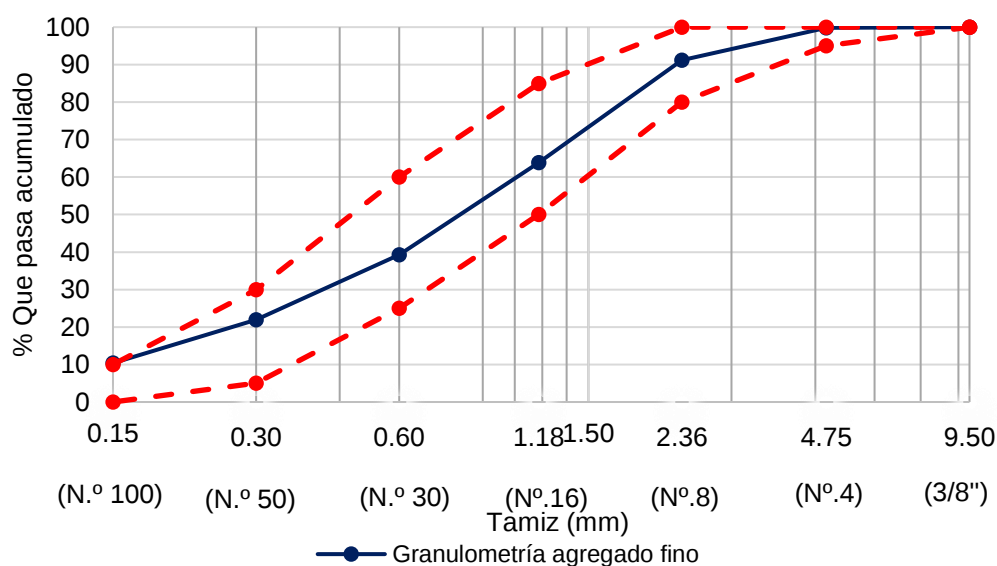
En la Tabla 4 y Figura 3 se muestra los resultados del ensayo granulométrico para el agregado fino reciclado comercial.

Tabla 4. Análisis Granulométrico del Agregado Fino Reciclado Comercial.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado	% de límite de huso NTP 400.037	
3/8"	9.50	0.00	0	0	100	100	100
N.º 4	4.75	3.00	0.17	0.17	99.83	95	100
N.º 8	2.36	155.50	8.61	8.78	91.22	80	100
N.º 16	1.18	494.20	27.37	36.15	63.85	50	85
N.º 30	0.60	442.90	24.53	60.69	39.31	25	60
N.º 50	0.30	313.20	17.35	78.04	21.96	5	30
N.º 100	0.15	209.00	11.58	89.61	10.39	0	10
Fondo	0.00	187.50	10.39	100	0.00	-	-
Total		1805.30	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Granulometría del Agregado Fino Reciclado Comercial.



Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Combinación de agregados por el método de la máxima compacidad del peso unitario

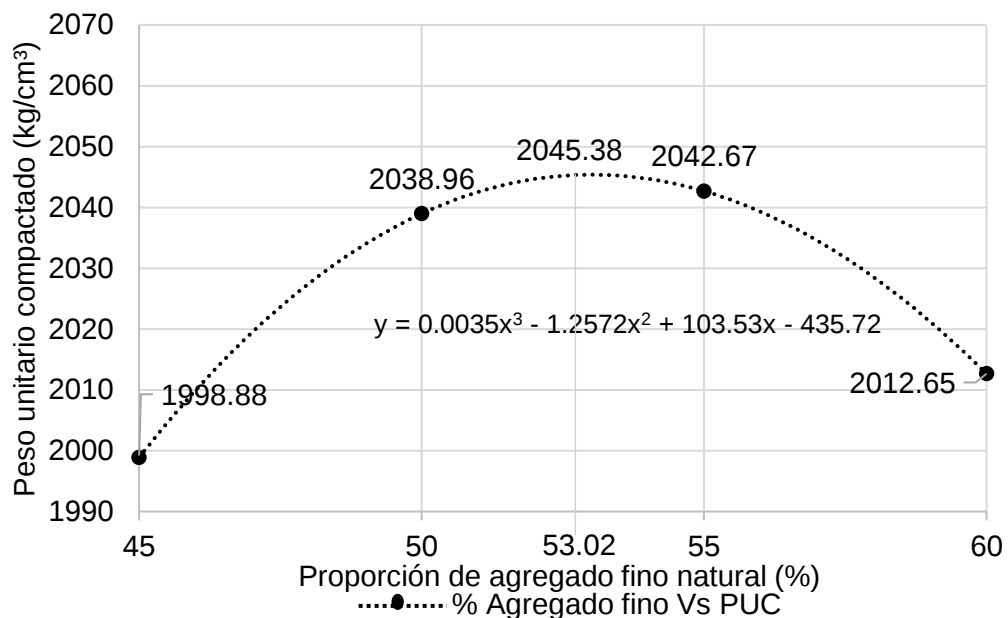
La combinación de agregados permite minimizar vacíos (espacios no ocupados por agregados más grandes son ocupados por agregados más pequeños) y un mejor acomodo de sus partículas componentes, además de que, los agregados en la mezcla de concreto se encuentran en estado compactado, se da por consecuencia encontrar la máxima compacidad del peso unitario de la

combinación de agregados en correspondencia al procedimiento normado NTP 400.017 para el peso unitario.

Para el cálculo de la máxima compacidad del peso unitario se empieza a combinar porcentajes iguales en peso de 50% de agregado fino con 50% de agregado grueso, luego se varia la combinación de los agregados a porcentajes de 45% de agregado fino con 55% de agregado grueso, de esta manera se repite el proceso aumentando o disminuyendo los porcentajes en peso en 5% tanto para el agregado fino como para el agregado grueso con el objetivo de encontrar el máximo PUC (peso unitario compactado), como indicador de un mejor acomodo al combinar los agregados.

Los resultados del PUC de los diferentes porcentajes empleados para el agregado fino natural y por ende del agregado grueso natural, se muestra en la Figura 4, donde los valores se ajustan a una curva polinomial, con ello se extrae el máximo peso unitario compactado y el porcentaje de agregado fino correspondiente que son 2045.38 kg/m³ y 53.02% respectivamente.

Figura 4. PUC de la Combinación de Agregados Naturales vs Porcentaje de Arena Natural.

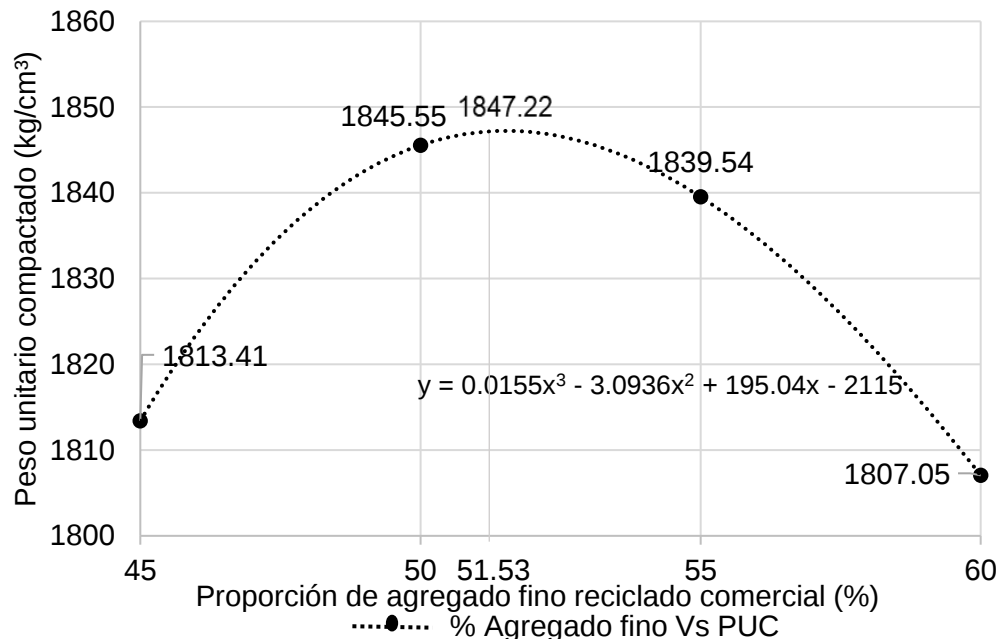


Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del PUC de los diferentes porcentajes empleados para el agregado fino reciclado comercial y por ende del agregado grueso natural, se muestra en la

Figura 5, donde los valores se ajustan a una curva polinomial, con ello se extrae el máximo peso unitario compactado y el porcentaje de agregado fino correspondiente que son 1847.22 kg/m³ y 51.53% respectivamente.

Figura 5. PUC de la Combinación de Agregado natural y reciclado vs Porcentaje de Agregado Fino Reciclado Comercial.



Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. Síntesis de propiedades de áridos de concreto

Las propiedades de los agregados empleados en la presente investigación se determinaron a partir de la norma técnica peruana correspondiente, las mismas que se encuentran en el Anexo A.

Capítulo IV: Dosificación de mezclas

4.1. Metodología para la dosificación

La metodología que permitió la determinación adecuada de los componentes del concreto tanto en forma práctica, técnica como económica fue la del método del comité 211 del ACI (American Concrete Institute), con la variante de, la incorporación del cálculo experimental de la proporción porcentual de agregados (fino y grueso) en la mezcla del concreto, la cual se consideró para éste último el máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados para luego después realizar un ajuste por resistencia efectuando vaciados de concreto (con edades de rotura de 7 días) logrando determinar el porcentaje óptimo de agregados que asegure una mejor relación de agregados y demás componentes del concreto con una gran aproximación de un óptimo desempeño del concreto tanto en estado fresco como en estado endurecido.

4.2. Clases de mezclas en investigación

Para las mezclas de concreto de la presente investigación se tendrá en consideración los materiales empleados, así como la proporción de los mismos para la identificación de todos los tipos de concreto, las mismas que tendrán una consistencia plástica, es decir, un asentamiento de concreto de 3" a 4", lo que permita ser un concreto en un rango trabajable.

Para obtener concreto de mediana a baja resistencia se consideró para cada tipo de concreto de la presente investigación la relación agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70.

PATRÓN: Concreto que usa componentes de agregados naturales que servirá como patrón de comparación para los otros tipos de concreto en sus propiedades físicas y mecánicas.

RECO: Concreto que usa componentes de agregado grueso natural al 100% con agregado fino reciclado comercial al 100%, en el que permanece constante la relación agua/cemento de PATRÓN.

RECO+SUST: Concreto que usa componentes de agregado grueso natural al 100% con agregado fino reciclado comercial con porcentajes (25%, 50% y 75%) de sustitución del agregado fino natural, en el que permanece constante la relación agua/cemento de PATRÓN.

RECO+ADIT: Concreto que usa componentes de agregado grueso natural al 100% con agregado fino reciclado comercial al 100% más aditivo superplastificante con dosificación al 0.7% del peso de cemento, en el que permanece constante la relación agua/cemento de PATRÓN.

4.3. Procedimiento de dosificación de concreto

A continuación, se puede resumir el procedimiento que se siguió para el diseño de mezcla como se muestra en los siguientes pasos:

a.-Elección del asentamiento de la mezcla de concreto de acuerdo a la consistencia requerida y/o planteada.

En la Tabla 5 se muestra la consistencia y el asentamiento para la elección correspondiente.

Tabla 5. Consistencia de Mezcla de Concreto y su Asentamiento.

Consistencia	Asentamiento	
	pulg	mm
Seca	1 – 2	25 - 50
Plástica	3 – 4	75 - 100
Fluida	6 - 7	150 - 175

Fuente: (Rivva López, Diseño de mezclas, 2019, pág. 41)

b.-Identificación del tamaño máximo nominal del agregado grueso obtenido a partir del análisis granulométrico.

c.-Obtención estimada del volumen unitario de agua de mezclado para el concreto a partir de las tablas proporcionadas por el ACI 211 a partir del tamaño máximo nominal del agregado grueso y asentamiento, como se indica en la Tabla 6.

Tabla 6. Volumen de Agua por Metro Cúbico de Mezcla de Concreto (l/m³).

Asentamiento	Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	187	184	174	166	154	-

Fuente: Comité 211 de ACI.

d.-Obtención estimada del contenido de aire (en porcentaje) en la mezcla de concreto a partir de las tablas proporcionadas por el ACI 211, en función del TMN del agregado grueso como se indica en la Tabla 7.

Tabla 7. Contenido de Aire Atrapado en Mezcla de Concreto.

Tamaño Máximo Nominal (pulg.)	Contenido de Aire (%)	Tamaño Máximo Nominal (pulg.)	Contenido de Aire (%)
3/8	3.0	1 1/2	1.0
1/2	2.5	2	0.5
3/4	2.0	3	0.3
1	1.5	6	0.2

Fuente: (Rivva López, Diseño de mezclas, 2019, pág. 89)

e.-Elección del valor de a/c acorde al requerimiento.

f.-Cálculo de la cantidad de cemento según el método ACI a partir de la relación agua/ cemento y la cantidad de agua, previamente establecidos.

g.-Cálculo del volumen de los agregados en la mezcla de concreto a partir del volumen total de mezcla considerada y el volumen calculado de cemento, aire y agua.

h.-Cálculo del volumen de agregado fino en la mezcla de concreto en función del volumen total de agregados definido, porcentaje en peso de agregados (obtenido de la máxima compacidad de la combinación de agregados) y del peso específico de los agregados. Luego prosigue el cálculo del volumen de agregado grueso en el concreto a partir del volumen de los agregados encontrado en concreto y el volumen de agregado fino obtenido. Posteriormente se calcula el peso de cada uno de los agregados del concreto.

Se presenta a continuación las variables que simboliza a las propiedades de los agregados del concreto y a las cantidades (volumen y peso) que se obtienen.

MA : Masa de Áridos

MF : Masa de arena

MG : Masa de piedra

AF% : Valor porcentual en masa de arena

PeF : Peso específico de arena

PeG : Peso específico de piedra

-Por lo tanto:

$$MA = MG + MF \dots\dots(1)$$

$$MF = (AF\%) \times MA \dots\dots\dots(2)$$

Reemplazando (1) en (2)

$$MF = (AF\%)(MF + MG) \dots\dots\dots(3)$$

-Tenemos ahora formulaciones para el peso-volumen:

VA : Volumen de áridos

VF : Volumen de árido fino

VG : Volumen de árido grueso

Entonces:

$$MF = PeF \times VF \dots\dots\dots(4)$$

$$MG = PeG \times VG \dots\dots\dots(5)$$

$$VA = VF + VG \dots\dots\dots(6)$$

-Efectuamos (6) en (5):

$$MG = PeG \times (VA - VF) \dots\dots\dots(7)$$

-Efectuamos (7) Y (4) en (3)

$$PeF \times VF = (PeF \times VF + PeG \times (VA - VF)) (AF\%)$$

-Se tiene el volumen de árido fino:

$$VF = \frac{AF\% \times PeG \times VA}{PeF + AF\%(PeG - PeF)}$$

-Tenemos la expresión para el volumen del árido grueso:

$$VG = VA - VF$$

-calculando masa de áridos.

$$MF = PeF \times VF$$

$$MG = PeG \times VG$$

i.-Obtención del volumen del agua final de mezcla de concreto por humedad y absorción de los agregados, luego se calcula el peso húmedo de agregados.

Ahora se procede al cálculo del agua final de la mezcla de concreto.

-Cantidad de agua de arena = (%C.H. de arena - %Absorción de arena) x Masa de arena

-Cantidad de agua de piedra = (%C.H. de piedra - %Absorción de piedra) x Masa de piedra

-Cantidad de agua de áridos = Cantidad de agua de arena + Cantidad de agua de piedra

-Cantidad de agua final = Cantidad de agua de áridos + Cantidad de agua de diseño

Por tanto, en masa de áridos tenemos:

-Masa húmeda de arena = $(1 + \%C.H. \text{ de arena}) \times \text{Masa seca}$

-Masa húmeda de piedra = $(1 + \%C.H. \text{ de piedra}) \times \text{Masa seca}$

j.-Realizar tandas de vaciados de prueba de concreto hasta definir la cantidad adecuada de materiales que permita obtener la consistencia del concreto requerido, variando la cantidad de agua y de cemento manteniendo constante la relación agua/cemento.

k.-Finalmente, se procede a variar la proporción porcentual ($\pm 3\%$, y de ser necesario variar en $\pm 6\%$) de agregados de la mezcla de concreto con el fin de encontrar el porcentaje óptimo que dé como resultado la mayor resistencia a compresión a los 7 días.

4.4. Dosificación de concreto en estudio

4.4.1. Dosificación de PATRÓN

La extensión del proceso de dosificación de mezcla PATRÓN, I, para cada relación agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70, se describe en el ANEXO B 1, a continuación, se precisa la obtención experimental de la proporción óptima (en porcentaje) de áridos naturales (fino y grueso) que permitió realizar posteriormente la presentación de los diseños finales definitivos.

Se indica un cuadro resumen de los valores de porcentajes de áridos con sus respectivos esfuerzos a compresión en la Tabla 8 para PATRÓN con agua/cemento=0.60, analizados a partir de la variación del porcentaje obtenido del máximo peso unitario de la combinación de áridos. En la Figura 6 se ilustra la

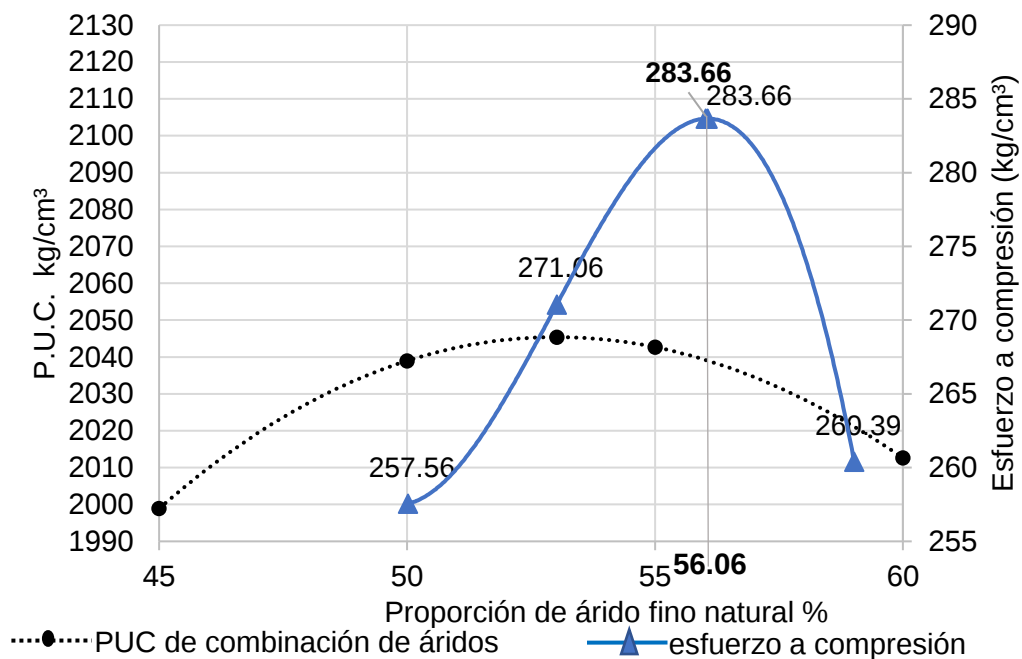
comparación a través de la superposición del peso unitario compactado de la combinación de agregados naturales y la resistencia a la compresión (a los 7 días) respecto al porcentaje de agregado fino natural, se muestra que dicho porcentaje que nos da la mayor resistencia a compresión de los especímenes de prueba ensayados para PATRÓN, $a/c=0.60$, es de 56.06% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso natural será de 43.94%, porcentajes óptimos que se emplean en el diseño final definitivo para este tipo de concreto.

Tabla 8. Esfuerzo a Compresión para PATRÓN para relación $a/c=0.60$.

Arena	Piedra	$f'c$
50.02%	49.98%	257.56 kg/cm ²
53.02%	46.98%	271.06 kg/cm ²
56.02%	43.98%	283.66 kg/cm ²
59.02%	40.98%	260.39 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. PUC de Combinación de Agregados vs Esfuerzo a Compresión de PATRÓN, agua/cemento=0.60.



Fuente: Elaboración propia.

La dosificación de mezcla definitiva para PATRÓN, agua/cemento=0.60, se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Dosificación para PATRÓN, $a/c = 0.60$, cantidad de agua = 230 L, Árido Fino / Árido Grueso = 56.06% / 43.94%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Peso seco kg	Vol. m^3	Ratio en masa	Peso obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	383.33	0.1225	1.00	383.33	1.00	7.92	9.02
Agua	230.00	0.2300	0.60	208.11	0.54	4.30	-
A. fino	950.85	0.3560	2.48	982.41	2.56	20.31	-
A. grueso	745.28	0.2765	1.94	748.18	1.95	15.47	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2309.46	1.00	-	2322.04	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

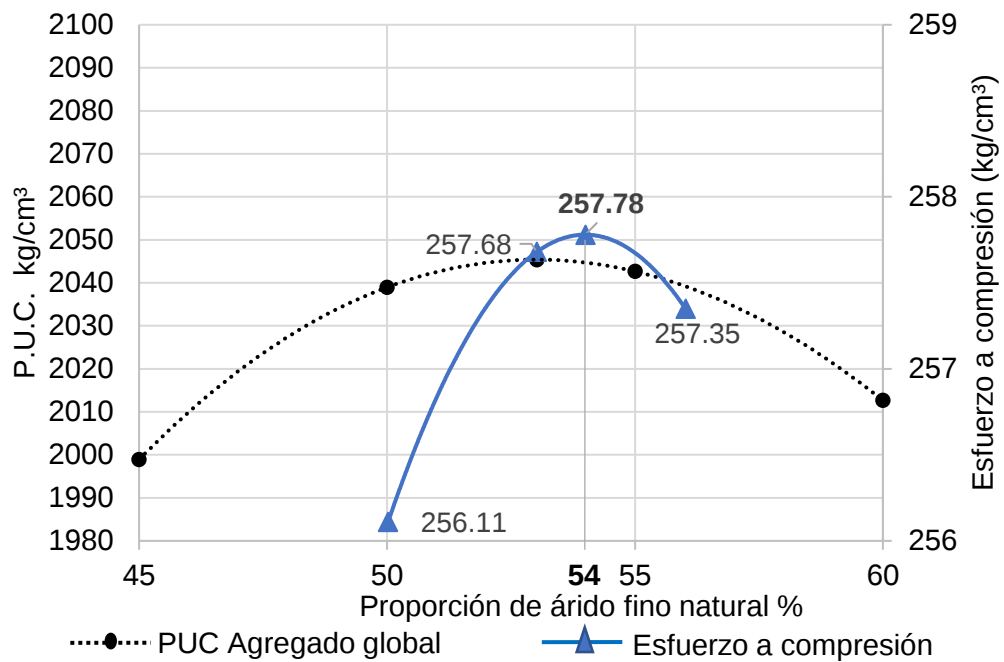
En la Tabla 10 se indica un cuadro resumen de los valores de porcentajes de agregados con sus respectivas resistencias a compresión para PATRÓN con $a/c=0.65$, analizados a partir de la variación del porcentaje obtenido del máximo peso unitario de la combinación de agregados. En la Figura 7 se ilustra la comparación a través de la superposición del peso unitario compactado de la combinación de agregados naturales y la resistencia a la compresión (a los 7 días) respecto al porcentaje de agregado fino natural, se muestra que dicho porcentaje que nos da la mayor resistencia a compresión de los especímenes de prueba ensayados para PATRÓN, $a/c=0.65$, es de 54.00% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso natural será de 46.00%, porcentajes óptimos que se emplean en el diseño final definitivo para este tipo de concreto.

Tabla 10. Esfuerzo a Compresión para PATRÓN para relación $a/c=0.65$.

Arena	Piedra	f'_c
50.02%	49.98%	256.11 kg/cm^2
53.02%	46.98%	257.68 kg/cm^2
56.02%	43.98%	257.35 kg/cm^2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. PUC de la Combinación de Áridos vs Esfuerzo a Compresión de PATRÓN, agua/cemento=0.65.



Fuente: Elaboración propia.

La dosificación de mezcla definitiva para PATRÓN, agua/cemento=0.65, se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Dosificación para PATRÓN, a/c= 0.65, cantidad de agua = 228 L,
Arena / Piedra = 54.00% / 46.00%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	350.77	0.1121	1.00	350.77	1.00	7.25	8.25
Agua	228.00	0.2280	0.65	206.74	0.59	4.27	-
A. fino	934.04	0.3497	2.66	965.05	2.75	19.96	-
A. grueso	795.66	0.2952	2.27	798.77	2.28	16.52	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2308.47	1.00	-	2321.32	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 12 se indica un cuadro resumen de los valores de porcentajes de agregados con sus respectivas resistencias a compresión para PATRÓN con a/c=0.70, analizados a partir de la variación del porcentaje obtenido del máximo

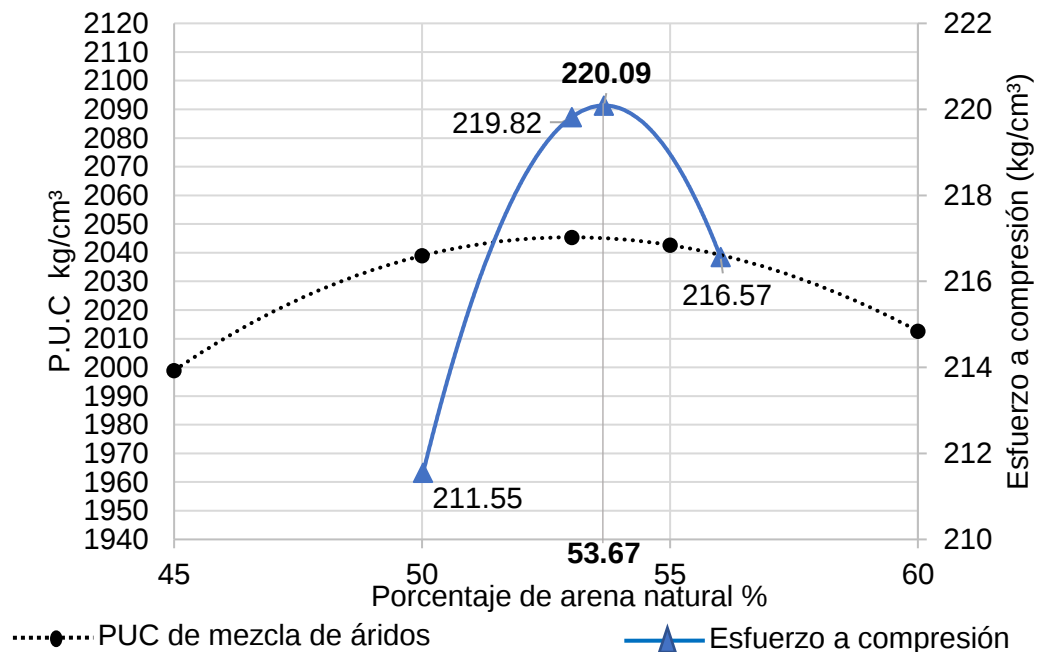
peso unitario de la combinación de agregados. En la Figura 8 se ilustra la comparación a través de la superposición del peso unitario compactado de la combinación de agregados naturales y la resistencia a la compresión (a los 7 días) respecto al porcentaje de agregado fino natural, se muestra que dicho porcentaje que nos da la mayor resistencia a compresión de los especímenes de prueba ensayados para PATRÓN, $a/c=0.70$, es de 53.67% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso natural será de 46.33%, porcentajes óptimos que se emplean en el diseño final definitivo para este tipo de concreto.

Tabla 12. Esfuerzo a Compresión a Edad de 7 Días para Porcentajes de Áridos Naturales para PATRÓN con $a/c=0.70$.

Árido fino	Árido grueso	f'c
50.02%	49.98%	211.55 kg/cm ²
53.02%	46.98%	219.82 kg/cm ²
56.02%	43.98%	216.57 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. P.U.C. de mezcla de áridos y Esfuerzo a Compresión de PATRÓN, agua/cemento=0.70.



Fuente: Elaboración propia.

La dosificación de mezcla definitiva para PATRÓN, agua/cemento=0.70, se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Dosificación para PATRÓN, agua/cemento= 0.70, cantidad de agua = 226.5 L, Arena / Piedra = 53.67% / 46.33%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	323.57	0.1034	1.00	323.57	1.00	6.69	7.61
Agua	226.50	0.2265	0.70	205.07	0.63	4.24	-
A. fino	943.03	0.3531	2.91	974.33	3.01	20.16	-
A. grueso	814.06	0.3021	2.52	817.23	2.53	16.91	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2307.15	1.00	-	2320.21	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Dosificación de RECO

El desarrollo del proceso de diseño de mezcla de concreto de RECO, para cada relación agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70, se describe en el ANEXO B 2, a continuación, se precisa la obtención experimental de la proporción óptima (en porcentaje) de áridos (árido grueso natural y árido fino reciclado comercial) que permitió realizar posteriormente la presentación de las dosificaciones finales definitivos.

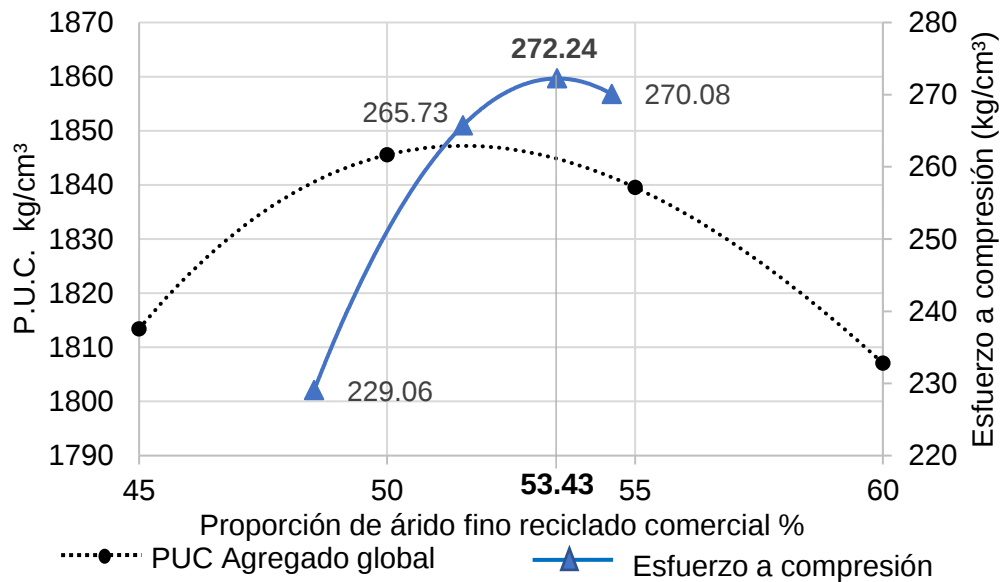
En la Tabla 14 se indica un cuadro resumen de los valores de porcentajes de agregados con sus respectivas resistencias a compresión para RECO con a/c=0.60, analizados a partir de la variación del porcentaje obtenido del máximo peso unitario de la combinación de agregados (natural y reciclado comercial). En la Figura 9 se ilustra la comparación a través de la superposición del peso unitario compactado de la combinación de agregados (natural y reciclado comercial) y la resistencia a la compresión (a los 7 días) respecto al porcentaje de agregado fino reciclado comercial, se muestra que dicho porcentaje que nos da la mayor resistencia a compresión de los especímenes de prueba ensayados para RECO, a/c=0.60, es de 53.43% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso natural será de 46.57%, porcentajes óptimos que se emplean en el diseño final definitivo para este tipo de concreto.

Tabla 14. Esfuerzo a Compresión a Edad de 7 Días para Porcentajes de Áridos para RECO con agua/cemento=0.60.

Árido fino reciclado	Árido grueso natural	f'c
48.53%	51.47%	229.06 kg/cm ²
51.53%	48.47%	265.73 kg/cm ²
54.53%	45.47%	270.08 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. P.U.C. de la Combinación de Áridos y Esfuerzo a Compresión RECO, agua/cemento=0.60.



Fuente: Elaboración propia.

La dosificación de mezcla definitiva para RECO, agua/cemento=0.60, se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Dosificación de RECO, $a/c = 0.60$, Cantidad de Agua = 235L, %Árido Fino Reciclado Comercial / %Árido Grueso Natural = 53.43/46.57.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m^3	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa und.
Cemento	391.67	0.1251	1.00	391.67	1.00	8.51	9.22
Agua	235.00	0.2350	0.60	223.09	0.57	4.84	-
A. fino	810.92	0.3626	2.07	886.09	2.26	19.24	-
A. grueso	706.81	0.2623	1.80	709.56	1.81	15.41	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2144.39	1.00	-	2210.41	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

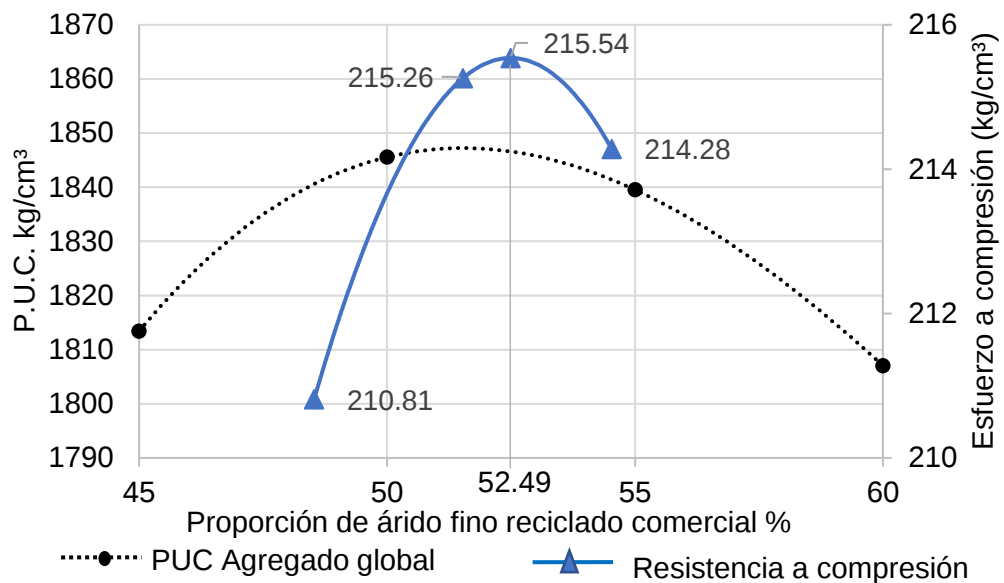
En la Tabla 16 se indica un cuadro resumen de los valores porcentuales de áridos con sus respectivos esfuerzos a compresión para RECO con $a/c=0.65$, analizados a partir de la variación del porcentaje obtenido del máximo peso unitario de la combinación de agregados (natural y reciclado comercial). En la Figura 10 se ilustra la comparación a través de la superposición del peso unitario compactado de la combinación de agregados (natural y reciclado comercial) y la resistencia a la compresión (a los 7 días) respecto al porcentaje de agregado fino reciclado comercial, se muestra que dicho porcentaje que nos da la mayor resistencia a compresión de los especímenes de prueba ensayados para RECO, $a/c=0.60$, es de 52.49% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso natural será de 47.51%, porcentajes óptimos que se emplean en el diseño final definitivo para este tipo de concreto.

Tabla 16. Esfuerzo a Compresión en 7 Días para Porcentajes de Áridos para RECO con agua/cemento=0.65.

Árido fino reciclado	Árido grueso natural	f'_c
48.53%	51.47%	210.81 kg/cm ²
51.53%	48.47%	215.26 kg/cm ²
54.53%	45.47%	214.28 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. PUC de la Combinación de áridos y Esfuerzo a Compresión de RECO agua/cemento=0.65.



Fuente: Elaboración propia.

La dosificación de mezcla definitiva para RECO, $a/c=0.65$, se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Dosificación de RECO, $a/c= 0.65$, Cantidad de agua = 231.5L, Arena Reciclada Comercial / Piedra = 52.49% / 47.51%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	356.15	0.1138	1.00	356.15	1.00	7.73	8.38
Agua	231.50	0.2315	0.65	219.60	0.62	4.77	-
A. fino reciclado	817.00	0.3653	2.29	892.74	2.51	19.38	-
A. grueso	739.49	0.2744	2.08	742.37	2.08	16.12	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2144.14	1.00	-	2210.87	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 18 se indica un cuadro resumen de los valores de porcentajes de agregados con sus respectivas resistencias a compresión para RECO con $a/c=0.70$, analizados a partir de la variación del porcentaje obtenido del máximo peso unitario de la combinación de agregados (natural y reciclado comercial). En la Figura 11 se ilustra la comparación a través de la superposición del peso unitario

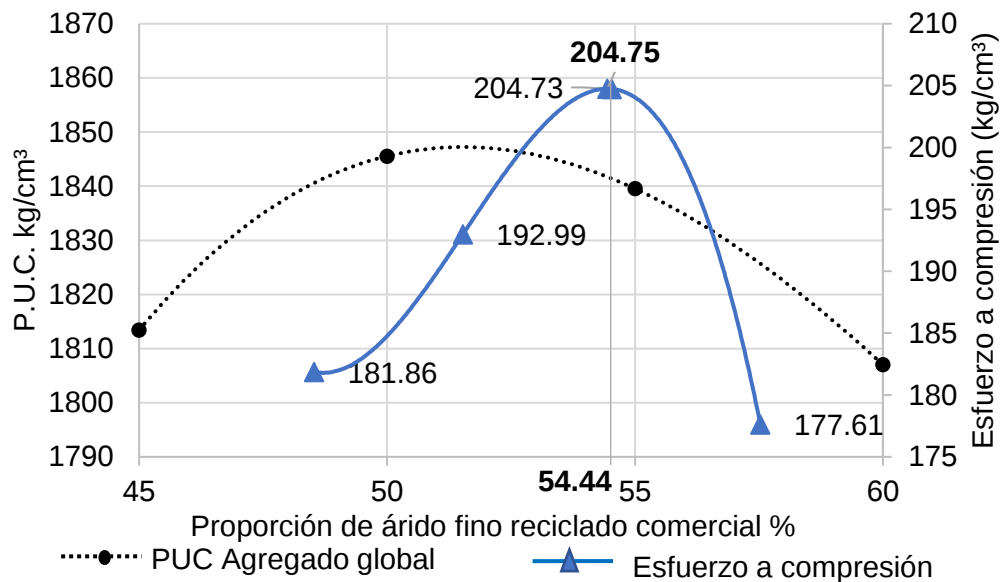
compactado de la combinación de agregados (natural y reciclado comercial) y la resistencia a la compresión (a los 7 días) respecto al porcentaje de agregado fino reciclado comercial, se muestra que dicho porcentaje que nos da la mayor resistencia a compresión de los especímenes de prueba ensayados para RECO, $a/c=0.70$, es de 54.44% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso natural será de 45.56%, porcentajes óptimos que se emplean en el diseño final definitivo para este tipo de concreto.

Tabla 18. Esfuerzo a Compresión en 7 Días para Porcentajes de Áridos para RECO con $a/c=0.70$.

Árido fino reciclado	Árido grueso natural	$f'c$
48.53%	51.47%	181.86 kg/cm ²
51.53%	48.47%	192.99 kg/cm ²
54.53%	45.47%	204.73 kg/cm ²
57.53%	42.47%	177.61 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. PUC de la Combinación de Áridos y Esfuerzo a Compresión para RECO, agua/cemento=0.70.



Fuente: Elaboración propia.

La dosificación de mezcla definitiva para RECO, agua/cemento=0.70, se muestra en la Tabla 33

Tabla 19. Diseño de Concreto RECO, $a/c = 0.70$, Cantidad de Agua = 230L, Agregado Fino Reciclado Comercial / Agregado Grueso Natural = 54.44% / 45.56%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m^3	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa und.
Cemento	328.57	0.1050	1.00	328.57	1.00	7.16	7.73
Agua	230.00	0.2300	0.70	217.29	0.66	4.73	-
A. fino	857.92	0.3836	2.61	937.44	2.85	20.42	-
A. grueso	717.98	0.2664	2.19	720.78	2.19	15.70	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2134.46	1.00	-	2204.08	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Dosificación de RECO+SUST

El desarrollo del proceso de dosificación de mezcla de RECO+SUST se describe en el ANEXO B 3, a continuación, se precisa la proporción óptima (en porcentaje) del agregado grueso y agregado fino (con la sustitución parcial del reciclado comercial por el natural) que permitió realizar posteriormente la presentación de los diseños finales definitivos para cada relación agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70.

En la Tabla 20 se indica el cuadro de propiedades de los materiales y el porcentaje de agregados (fino y grueso) para RECO+SUST, $a/c=0.60$, con 25% de sustitución (porcentaje de agregado fino reciclado comercial sustituyendo al agregado fino natural). En la Tabla 21 se muestra el diseño de mezcla de concreto definitivo para RECO+SUST, $a/c=0.60$, con 25% de sustitución.

Tabla 20. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST,
agua/cemento=0.60 con 25% de sustitución.

Expresión	Und	Árido fino natural	Árido fino reciclado comercial	Árido grueso natural	Cemento	Agua
Fuente /Marca		Trapiche	FOCSAC	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso Específico	kg/m ³	2671	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de Humedad	%	3.32	9.27	0.39	-	-
Absorción	%	0.72	7.47	0.77	-	-
TMN	pulg	-	-	1"	-	-
% Árido en Peso	%	55.40		44.60	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.60 con 25% de sustitución, Cantidad de Agua = 231.25 L, Árido Fino / Agregado Grueso = 55.40% / 44.60%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m ³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	385.42	0.1231	1.00	385.42	1.00	8.08	9.07
Agua	231.25	0.2313	0.60	212.15	0.55	4.45	-
Arena Reciclada	228.05	0.1020	0.59	249.19	0.65	5.22	-
Arena Natural	684.16	0.2561	1.78	706.87	1.83	14.81	-
Piedra Natural	734.38	0.2725	1.91	737.24	1.91	15.45	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2263.26	1.00	-	2290.87	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 22 se indica el cuadro de propiedades de los materiales y el porcentaje de agregados (fino y grueso) para RECO+SUST, a/c=0.60, con 50% de sustitución (porcentaje de agregado fino reciclado comercial sustituyendo al agregado fino natural). En la Tabla 23 se muestra el diseño de mezcla de concreto definitivo para RECO+SUST, a/c=0.60, con 50% de sustitución.

Tabla 22. Propiedades de Materiales para Diseño de RECO+SUST,
agua/cemento=0.60 con 50% de sustitución.

Expresión	Und	Árido fino natural	Árido fino reciclado comercial	Árido grueso natural	Cemento	Agua
Fuente /Marca		Trapiche	FOCSAC	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso Específico	kg/m ³	2671	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de Humedad	%	3.32	9.27	0.39	-	-
Absorción	%	0.72	7.47	0.77	-	-
TMN	pulg	-	-	1"	-	-
% Árido en Peso	%	54.75		45.25	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.60 con 50% de sustitución, Cantidad de Agua = 232.5 L, Árido Fino / Árido Grueso = 54.75% / 45.25%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m ³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	387.50	0.1238	1.00	387.50	1.00	8.22	9.12
Agua	232.50	0.2325	0.60	215.97	0.56	4.58	-
Arena Reciclada	438.15	0.1959	1.13	478.77	1.24	10.16	-
Arena Natural	438.15	0.1640	1.13	452.70	1.17	9.61	-
Piedra Natural	724.25	0.2687	1.87	727.08	1.88	15.43	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2220.56	1.00	-	2262.02	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 24 se indica el cuadro de propiedades de los materiales y el porcentaje de agregados (fino y grueso) para RECO+SUST, a/c=0.60, con 75% de sustitución (porcentaje de agregado fino reciclado comercial sustituyendo al agregado fino natural). En la Tabla 25 se muestra el diseño de mezcla de concreto definitivo para RECO+SUST, a/c=0.60, con 75% de sustitución.

Tabla 24. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, agua/cemento=0.60 con 75% de sustitución.

Expresión	Und	Árido fino natural	Árido fino reciclado comercial	Árido grueso natural	Cemento	Agua
Fuente /Marca		Trapiche	FOCSAC	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso Específico	kg/m ³	2671	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de Humedad	%	3.32	9.27	0.39	-	-
Absorción	%	0.72	7.47	0.77	-	-
TMN	pulg	-	-	1"	-	-
% Árido en Peso	%	54.09		45.91	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.60 con 75% de sustitución, Cantidad de Agua = 233.75 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 54.09% / 45.91%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m ³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	389.58	0.1245	1.00	389.58	1.00	8.37	9.17
Agua	233.75	0.2338	0.60	219.62	0.56	4.72	-
Arena Reciclada	631.92	0.2826	1.62	690.50	1.77	14.83	-
Arena Natural	210.64	0.0789	0.54	217.63	0.56	4.67	-
Piedra Natural	715.14	0.2654	1.84	717.93	1.84	15.42	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2181.04	1.00	-	2235.26	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 26 se indica el cuadro de propiedades de los materiales y el porcentaje de agregados (fino y grueso) para RECO+SUST, a/c=0.65, con 25% de sustitución (porcentaje de agregado fino reciclado comercial sustituyendo al agregado fino natural). En la Tabla 27 se muestra el diseño de mezcla de concreto definitivo para RECO+SUST, a/c=0.65, con 25% de sustitución.

Tabla 26. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, agua/cemento=0.65 con 25% de sustitución.

Expresión	Und	Árido fino natural	Árido fino reciclado comercial	Árido grueso natural	Cemento	Agua
Fuente /Marca		Trapiche	FOCSAC	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso Específico	kg/m ³	2671	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de Humedad	%	3.32	9.27	0.39	-	-
Absorción	%	0.72	7.47	0.77	-	-
TMN	pulg	-	-	1"	-	-
% Árido en Peso	%	53.62		46.38	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.65 con 25% de sustitución, Agua = 228.88 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 53.62% / 46.38%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m ³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	352.12	0.1125	1.00	352.12	1.00	7.38	8.29
Agua	228.88	0.2289	0.65	210.20	0.60	4.40	-
Arena Reciclada	225.50	0.1008	0.64	246.41	0.70	5.16	-
Arena Natural	676.51	0.2533	1.92	698.97	1.99	14.64	-
Piedra Natural	780.22	0.2895	2.22	783.26	2.22	16.41	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2263.24	1.00	-	2290.96	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 28 se indica el cuadro de propiedades de los materiales y el porcentaje de agregados (fino y grueso) para RECO+SUST, a/c=0.65, con 50% de sustitución (porcentaje de agregado fino reciclado comercial sustituyendo al agregado fino natural). En la Tabla 29 se muestra el diseño de mezcla de concreto definitivo para RECO+SUST, a/c=0.65, con 50% de sustitución.

Tabla 28. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST,
agua/cemento=0.65 con 50% de sustitución.

Expresión	Und	Árido fino natural	Árido fino reciclado comercial	Árido grueso natural	Cemento	Agua
Fuente /Marca		Trapiche	FOCSAC	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso Específico	kg/m ³	2671	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de Humedad	%	3.32	9.27	0.39	-	-
Absorción	%	0.72	7.47	0.77	-	-
TMN	pulg	-	-	1"	-	-
% Árido en Peso	%	53.25		46.75	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.65 con 50% de sustitución, Cantidad de Agua = 229.75 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 53.25% / 46.75%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m ³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	353.46	0.1129	1.00	353.46	1.00	7.50	8.32
Agua	229.75	0.2298	0.65	213.47	0.60	4.53	-
Arena Reciclada	436.04	0.1950	1.23	476.47	1.35	10.11	-
Arena Natural	436.04	0.1633	1.23	750.52	1.27	9.56	-
Piedra Natural	765.64	0.2841	2.17	768.62	2.17	16.31	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2220.94	1.00	-	2262.55	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 30 se indica el cuadro de propiedades de los materiales y el porcentaje de agregados (fino y grueso) para RECO+SUST, a/c=0.65, con 75% de sustitución (porcentaje de agregado fino reciclado comercial sustituyendo al agregado fino natural). En la Tabla 31 se muestra el diseño de mezcla de concreto definitivo para RECO+SUST, a/c=0.65, con 75% de sustitución.

Tabla 30. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, agua/cemento=0.60 con 75% de sustitución.

Expresión	Und	Árido fino natural	Árido fino reciclado comercial	Árido grueso natural	Cemento	Agua
Fuente /Marca		Trapiche	FOCSAC	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso Específico	kg/m ³	2671	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de Humedad	%	3.32	9.27	0.39	-	-
Absorción	%	0.72	7.47	0.77	-	-
TMN	pulg	-	-	1"	-	-
% Árido en Peso	%	52.87		47.13	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.65 con 75% de sustitución, Cantidad de Agua = 230.63 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 52.87% / 47.13%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m ³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	354.82	0.1134	1.00	354.82	1.00	7.62	8.35
Agua	230.63	0.2306	0.65	216.61	0.61	4.65	-
Arena Reciclada	632.80	0.2830	1.78	691.46	1.95	14.84	-
Arena Natural	210.93	0.0790	0.59	217.94	0.61	4.68	-
Piedra Natural	752.13	0.2791	2.12	755.06	2.13	16.21	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2181.31	1.00	-	2235.89	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 32 se indica el cuadro de propiedades de los materiales y el porcentaje de agregados (fino y grueso) para RECO+SUST, a/c=0.70, con 25% de sustitución (porcentaje de agregado fino reciclado comercial sustituyendo al agregado fino natural). En la Tabla 33 se muestra el diseño de mezcla de concreto definitivo para RECO+SUST, a/c=0.70, con 25% de sustitución.

Tabla 32. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST,
agua/cemento=0.70 con 25% de sustitución.

Expresión	Und	Árido fino natural	Árido fino reciclado comercial	Árido grueso natural	Cemento	Agua
Fuente /Marca		Trapiche	FOCSAC	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso Específico	kg/m ³	2671	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de Humedad	%	3.32	9.27	0.39	-	-
Absorción	%	0.72	7.47	0.77	-	-
TMN	pulg	-	-	1"	-	-
% Árido en Peso	%	53.86		46.14	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.70 con 25% de sustitución, Contenido de Agua = 227.38 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 53.86% / 46.14%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m ³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	324.83	0.1038	1.00	324.83	1.00	6.81	7.64
Agua	227.38	0.2274	0.70	208.29	0.64	4.37	-
Arena Reciclada	230.08	0.1029	0.71	251.41	0.77	5.27	-
Arena Natural	690.24	0.2584	2.12	713.15	2.20	14.95	-
Piedra Natural	788.40	0.2925	2.43	791.48	2.44	16.60	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2260.93	1.00	-	2289.15	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 34 se indica el cuadro de propiedades de los materiales y el porcentaje de agregados (fino y grueso) para RECO+SUST, a/c=0.70, con 50% de sustitución (porcentaje de agregado fino reciclado comercial sustituyendo al agregado fino natural). En la Tabla 35 se muestra el diseño de mezcla de concreto definitivo para RECO+SUST, a/c=0.70, con 50% de sustitución.

Tabla 34. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST,
agua/cemento=0.70 con 50% de sustitución.

Expresión	Und	Árido fino natural	Árido fino reciclado comercial	Árido grueso natural	Cemento	Agua
Fuente /Marca		Trapiche	FOCSAC	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso Específico	kg/m ³	2671	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de Humedad	%	3.32	9.27	0.39	-	-
Absorción	%	0.72	7.47	0.77	-	-
TMN	pulg	-	-	1"	-	-
% Árido en Peso	%	54.06		45.94	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Dosificación RECO+SUST, agua/c = 0.70 con 50% de sustitución,
Cantidad de Agua = 228.25 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 54.06% /
45.94%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m ³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	326.07	0.1042	1.00	326.07	1.00	6.93	7.67
Agua	228.25	0.2283	0.70	211.38	0.65	4.49	-
Arena Reciclada	449.37	0.2009	1.38	491.03	1.51	10.43	-
Arena Natural	449.37	0.1682	1.38	464.29	1.42	9.86	-
Piedra Natural	763.75	0.2834	2.34	766.73	2.35	16.29	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2216.82	1.00	-	2259.51	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 36 se indica el cuadro de propiedades de los materiales y el porcentaje de agregados (fino y grueso) para RECO+SUST, a/c=0.70, con 75% de sustitución (porcentaje de agregado fino reciclado comercial sustituyendo al agregado fino natural). En la Tabla 37 se muestra el diseño de mezcla de concreto definitivo para RECO+SUST, a/c=0.70, con 75% de sustitución.

Tabla 36. Propiedades de Materiales para Dosificación de RECO+SUST, agua/cemento=0.70 con 75% de sustitución.

Expresión	Und	Árido fino natural	Árido fino reciclado comercial	Árido grueso natural	Cemento	Agua
Fuente /Marca		Trapiche	FOCSAC	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso Específico	kg/m ³	2671	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de Humedad	%	3.32	9.27	0.39	-	-
Absorción	%	0.72	7.47	0.77	-	-
TMN	pulg	-	-	1"	-	-
% Árido en Peso	%	54.25		45.75	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Dosificación RECO+SUST, agua/cemento = 0.70 con 75% de sustitución, Cantidad de Agua = 229.13 L, Agregado Fino / Agregado Grueso = 54.25% / 45.75%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m ³	Ratio en masa	Masa obra kg	Ratio en masa	tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	327.32	0.1046	1.00	327.32	1.00	7.04	7.70
Agua	229.13	0.2291	0.70	214.38	0.65	4.61	-
Arena Reciclada	658.43	0.2944	2.01	719.47	2.20	15.48	-
Arena Natural	219.48	0.0822	0.67	226.76	0.69	4.88	-
Piedra Natural	740.35	0.2747	2.26	743.24	2.27	15.99	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2174.71	1.00	-	2231.17	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Dosificación de RECO+ADIT

La dosificación de mezcla de RECO+ADIT consiste en la dosificación de concreto que usa componentes de agregado grueso natural y agregado fino reciclado comercial sin ningún tipo de sustitución más aditivo superplastificante en un porcentaje de 0.7% de peso de la cantidad de cemento, manteniendo constante los a/c= 0.60, 0.65 y 0.70, variando la cantidad de agua y cemento para la

obtención de la consistencia plástica de asentamiento solicitado, la proporción porcentual de los agregados se consideró la del diseño de mezcla de RECO.

En las siguientes tablas se muestra la dosificación definitiva de concreto con árido fino reciclado comercial y árido grueso natural sin ningún tipo de sustitución más aditivo RECO+ADIT para las relaciones agua/cemento en estudio

Tabla 38. Dosificación de RECO+ADIT, agua/cemento= 0.60, Cantidad de Agua = 200 L, Superplastificante = 0.7% masa, Árido reciclado / Piedra = 53.43% / 46.57%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m³	Ratio en masa	Masa húmeda Kg	Ratio en masa	Tanda Kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	333.33	0.1065	1.00	333.33	1.00	7.11	7.84
Agua	200.00	0.2000	0.60	187.11	0.56	3.99	-
A. fino reciclado	877.78	0.3925	2.63	959.15	2.88	20.46	-
A. grueso	765.08	0.2839	2.30	768.06	2.30	16.39	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	2.33	0.0021	0.01	2.33	0.01	0.05	-
Total	2178.52	1.0000	-	2249.98	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Dosificación de RECO+ADIT, agua/cemento= 0.65, Cantidad de Agua = 196 L, Superplastificante = 0.7% masa, Árido reciclado / Piedra = 52.49% / 47.51%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m³	Ratio en masa	Masa húmeda kg	Ratio en masa	Tanda kg	Cem. Bolsa unid.
Cemento	301.54	0.0963	1.00	301.54	1.00	6.43	7.10
Agua	196.00	0.1960	0.65	183.16	0.61	3.90	-
A. fino reciclado	882.17	0.3945	2.93	963.95	3.20	20.54	-
A. grueso	798.48	0.2963	2.65	801.59	2.66	17.08	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	2.11	0.0019	0.01	2.11	0.01	0.04	-
Total	2180.30	1.0000	-	2252.35	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40. Dosificación de RECO+ADIT, agua/cemento= 0.70, Cantidad de Agua = 194 L, Superplastificante = 0.7% masa, Árido reciclado / Piedra = 54.44% / 45.56%.

Elemento	Dosificación seca			Dosificación en obra			
	Masa seca kg	Vol. m ³	Ratio en masa	Masa húmeda kg	Ratio en masa	Tanda kg	Cem. bolsa unid.
Cemento	277.14	0.0885	1.00	277.14	1.00	5.92	6.52
Agua	194.00	0.1940	0.70	180.29	0.65	3.85	-
A. fino reciclado	924.79	0.4135	3.34	1010.51	3.65	21.59	-
A. grueso	773.94	0.2872	2.79	776.96	2.80	16.60	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	1.94	0.0018	0.01	1.94	0.01	0.04	-
Total	2171.81	1.0000	-	2246.85	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo V: Resultado de los ensayos

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto se obtuvieron en el Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales “Ing. Manuel Gonzáles de la Coterá” de la Universidad Nacional de Ingeniería en concordancia a lo indicado en la respectiva Norma Técnica Peruana de cada tipo de ensayo realizado.

5.1 Determinación de las propiedades del concreto en estado fresco

A continuación, se muestra los cuadros de resultados de los ensayos considerados, que son: asentamiento, peso unitario, contenido de aire, exudación y tiempo de fraguado.

5.1.1. Ensayo de asentamiento

El procedimiento que se aplica y los requerimientos a emplear para determinar el asentamiento del concreto en estado fresco se describe en la NTP 339.035:2022 “CONCRETO. Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de Ensayo. 5ª Edición”.

En la Tabla 41 se muestra los resultados del asentamiento de las clases de mezclas en investigación, se detalla el cálculo específico en el Anexo C 1.

Tabla 41. Consistencia de las Clases de Mezcla.

Clase de mezcla	agua/cemento / %AFRC	Agua (lt)	Cem. (kg/m³)	Asentamiento	
				(pulg)	(mm)
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	230.0	383.33	3.76	96
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	231.3	385.42	3.68	93
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	232.5	387.50	3.49	89
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	233.8	389.58	3.35	85
RECO	0.60 / 100%AFRC	235.0	391.67	3.30	84
RECO+ADIT	0.60 / 100%AFRC	200.0	333.33	3.91	82
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	228.0	350.77	3.61	92
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	228.9	352.12	3.53	90
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	229.8	353.46	3.38	86
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	230.6	354.82	3.31	84
RECO	0.65 / 100%AFRC	231.5	356.15	3.25	83
RECO+ADIT	0.65 / 100%AFRC	196.0	301.54	3.80	97
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	226.5	323.57	3.84	98
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	227.4	324.83	3.72	94
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	228.3	326.07	3.57	91
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	229.1	327.32	3.44	87
RECO	0.70 / 100%AFRC	230.0	328.57	3.28	83
RECO+ADIT	0.70 / 100%AFRC	194.0	277.14	3.95	100

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2. Ensayo de peso unitario

El procedimiento que se aplica y los requerimientos a emplear para determinar el peso unitario del concreto en estado fresco se describe en la NTP 339.046:2019 “CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 3ª Edición”.

En la Tabla 42 se muestra los resultados del peso unitario de las clases de mezclas en investigación, se detalla el cálculo específico en el Anexo C 2.

Tabla 42. P.U. de las Clases de Mezclas.

Clase de mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cem. (kg/m ³)	Peso unitario (kg/m ³)
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	2359.75
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	2341.38
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	2320.55
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	2298.65
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	2231.55
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	2365.75
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	2337.15
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	2319.49
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	2292.65
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	2262.28
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	2379.52
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	2356.92
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	2332.20
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	2298.65
RECO	0.70 / 100%AFRC	328.57	2269.70

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Ensayo de contenido de aire

El procedimiento que se aplica y los requerimientos a emplear para determinar el contenido de aire del concreto en estado fresco se describe en la NTP 339.080:2017 "CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión. 3ª Edición".

En la Tabla 43 se muestra los resultados del contenido de aire de las clases de mezclas en investigación.

Tabla 43. Contenido de Aire de las Clases de Mezcla.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cem. (kg/m ³)	Contenido de aire (%)
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	1.10
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	2.30
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	2.80
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	3.10
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	3.50
RECO+ADIT	0.60 / 100%AFRC	333.33	2.50
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	1.30
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	2.70
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	3.00
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	3.40
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	3.60
RECO+ADIT	0.65 / 100%AFRC	301.54	2.80
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	1.40
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	2.80
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	3.10
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	3.50
RECO	0.70 / 100%AFRC	328.57	3.80
RECO+ADIT	0.70 / 100%AFRC	277.14	3.00

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4. Ensayo de exudación

El procedimiento que se aplica y los requerimientos a emplear para determinar la exudación del concreto en estado fresco se describe en la NTP 339.077:2020 “CONCRETO. Determinación de la exudación del concreto. Métodos de ensayo. 4ª Edición”.

En la Tabla 44 se muestra los resultados de la exudación de las clases de mezclas en investigación, se detalla el cálculo específico en el Anexo C 3.

Tabla 44. Exudación de las Clases de Mezcla.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cem. (kg/m³)	Exudación (%)
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	2.35
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	2.09
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	2.32
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	2.25
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	2.21
RECO+ADIT	0.60 / 100%AFRC	333.33	0.00
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	1.65
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	1.61
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	1.56
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	1.57
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	1.25
RECO+ADIT	0.65 / 100%AFRC	301.54	0.00
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	2.77
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	2.72
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	2.54
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	2.36
RECO	0.70 / 100%AFRC	328.57	2.51
RECO+ADIT	0.70 / 100%AFRC	277.14	0.00

Fuente: Elaboración propia.

5.1.5. Ensayo de tiempo de fraguado

El procedimiento que se aplica y los requerimientos a emplear para determinar el tiempo de fraguado del concreto en estado fresco se describe en la NTP 339.082:2017 “CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición”.

En la Tabla 45 se muestra los resultados del tiempo de fragua de las clases de mezclas en investigación, se detalla el cálculo específico en el Anexo C 4.

Tabla 45. TFI y TFF de las Clases de Mezcla.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cem. kg/m ³	Tiempo de fragua inicial TFI		Tiempo de fragua final TFF	
			h:m	Min	h:m	Min
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	04:15	255.5	05:59	359.2
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	04:14	254.1	05:49	349.1
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	03:33	213.0	05:09	309.3
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	03:57	237.8	05:03	303.3
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	03:57	237.8	05:03	303.6
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	04:38	278.8	06:17	377.6
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	04:20	260.9	06:13	373.9
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	04:09	249.8	06:04	364.9
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	04:09	249.8	05:48	348.2
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	03:55	235.1	05:30	330.1
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	04:37	277.9	06:38	398.4
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	04:37	277.8	06:25	385.1
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	04:28	268.2	06:12	372.9
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	04:10	250.1	06:10	370.9
RECO	0.70 / 100%AFRC	328.57	04:07	247.1	06:00	360.9

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Determinación de las propiedades del concreto en estado endurecido

A continuación, se muestra los cuadros de resultados de los ensayos considerados, que son: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la flexión.

5.2.1. Resistencia a la compresión del concreto

El procedimiento que se aplica y los requerimientos a emplear para determinar la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido se describe en la NTP 339.034:2021 "CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. 5ª Edición".

En la Tabla 46 se muestra los resultados del esfuerzo a compresión de las clases de mezclas en investigación, se detalla el cálculo específico en el Anexo D 1.

Tabla 46. Esfuerzo a Compresión a los 7 y 28 días de las Clases de Mezcla.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cem. (kg/m ³)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm ²)	
			7 días	28 días
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	282	350
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	271	323
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	261	312
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	258	299
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	256	295
RECO+ADIT	0.60 / 100%AFRC	333.33	319	369
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	263	313
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	252	300
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	231	270
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	220	262
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	216	255
RECO+ADIT	0.65 / 100%AFRC	301.54	260	317
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	323.57	244	287
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	324.83	241	274
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	326.07	217	258
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	327.32	210	249
RECO	0.65 / 100%AFRC	328.57	205	236
RECO+ADIT	0.65 / 100%AFRC	277.14	225	278

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Resistencia a la tracción del concreto

El procedimiento que se aplica y los requerimientos a emplear para determinar la resistencia a la tracción del concreto en estado endurecido se describe en la NTP 339.084:2022 “CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. 4ª Edición”.

En la Tabla 47 se muestra los resultados del esfuerzo a tracción de las clases de mezclas en investigación, se detalla el cálculo específico en el Anexo D 2.

Tabla 47. Esfuerzo a Tracción a los 7 y 28 días de las Clases de Mezcla.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cem. (kg/m ³)	Esfuerzo a tracción (Kg/cm ²)	
			7 días	28 días
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	30.9	36.3
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	28.0	33.2
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	25.9	32.5
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	24.1	29.4
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	23.9	28.7
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	27.3	32.1
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	26.6	31.4
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	22.8	27.3
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	21.3	26.1
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	21.0	25.5
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	323.57	24.9	30.0
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	324.83	24.2	29.3
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	326.07	22.0	26.4
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	327.32	20.5	24.6
RECO	0.65 / 100%AFRC	328.57	20.1	24.1

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Resistencia a la flexión del concreto

El procedimiento que se aplica y los requerimientos a emplear para determinar la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido se describe en la NTP 339.078:2022 "CONCRETO. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre los apoyos. Método de ensayo. 4ª Edición".

En la Tabla 48 se muestra los resultados del esfuerzo a flexión de las clases de mezclas en investigación, se detalla el cálculo específico en el Anexo D 3.

Tabla 48. Esfuerzo a Flexión a 7 y 28 días de las Clases de Mezcla.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cem. (kg/m ³)	Módulo de rotura Mr (Kg/cm ²)	
			7 días	28 días
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	37.1	42.7
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	34.1	37.8
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	31.3	34.8
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	29.5	33.9
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	29.8	32.4
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	35.7	39.2
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	34.5	37.9
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	34.8	35.9
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	32.5	35.3
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	27.4	30.1
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	323.57	32.9	37.1
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	324.83	32.4	34.9
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	326.07	27.0	33.4
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	327.32	26.4	31.9
RECO	0.65 / 100%AFRC	328.57	24.9	29.9

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo VI: Análisis comparativo de resultados y costos

6.1. Diagnóstico de ensayos de áridos

6.1.1. Peso unitario

Se presenta a continuación el análisis porcentual del peso unitario del agregado fino reciclado comercial respecto al peso unitario del agregado fino natural en la Tabla 49. En la Tabla 50 se presenta los pesos unitarios de la piedra.

Tabla 49. P.U. de Arena Natural y Arena Reciclada con Análisis Porcentual.

P.U.	Unidad	Árido natural		Árido reciclado comercial		Variación en porcentaje
		Fino	porcentaje	Fino	porcentaje	$\Delta \%$
P.U.S.	kg / m ³	1659	100.0	1276	76.9	-23.1
P.U.C.	kg / m ³	1793	100.0	1426	79.5	-20.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50. P.U. de la Piedra Natural.

P.U.	Unidad	Árido natural
		Grueso
P.U.S.	kg / m ³	1428
P.U.C.	kg / m ³	1556

Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior, se remarca que el peso unitario suelto de la arena reciclada comercial presenta una reducción del 23.1% y su peso unitario compactado presenta una reducción del 20.5% respecto a la arena natural.

Para la piedra natural el peso unitario suelto fue de 1428 kg/m³ que es un valor mayor que el PUS del agregado fino reciclado comercial pero menor que el PUS del agregado fino natural. El PUC del agregado grueso fue de 1556 kg/m³ que es un valor mayor que el PUC del agregado fino reciclado comercial pero menor que el PUC de la arena natural.

6.1.2. Peso específico

Se presenta a continuación el análisis porcentual del peso específico del agregado fino reciclado comercial respecto al agregado fino natural en la Tabla 51. En la Tabla 52 se presenta los pesos específicos de la piedra natural.

Tabla 51. Pesos Específicos de la Arena Natural y Árido Reciclada con Análisis Porcentual.

Peso Específico	Unidad	Árido natural		Árido reciclado comercial		Variación porcentual
		Fino	porcentaje	Fino	porcentaje	Δ %
Peso específico de masa	kg/m ³	2671	100.0	2236	83.7	-16.3
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	kg/m ³	2690	100.0	2404	89.3	-10.7
Peso específico aparente	kg/m ³	2723	100.0	2685	98.6	-1.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52. Pesos Específicos de la Piedra Natural.

Propiedad	Und	Agregado natural
		Grueso
Peso específico de masa	kg/m ³	2695
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	kg/m ³	2716
Peso específico aparente	kg/m ³	2752

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 51 se remarca que los pesos específicos del árido fino reciclado comercial presentan una reducción en un 16.3%, 10.7% y 1.4% en comparación al del árido fino natural.

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.011 los áridos naturales y el árido fino reciclada comercial, en función a sus pesos específicos se pueden considerar como áridos de peso normal.

6.1.3. Absorción

Se presenta a continuación el análisis porcentual del porcentaje de absorción del agregado fino reciclado comercial respecto al agregado fino natural en la Tabla 53. En la Tabla 54 se presenta el porcentaje de absorción del árido grueso natural.

Tabla 53. Porcentaje de Absorción de la Arena Natural y Árido Reciclada con su Análisis Porcentual.

	Unidad	Árido natural		Árido reciclado comercial		Variación porcentual
		Fino	porcentaje	Fino	porcentaje	Δ %
Absorción	%	0.72	100.0	7.47	1039.9	939.9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Porcentaje de Absorción de Piedra Natural.

	Unidad	Árido natural
		Grueso
Absorción	%	0.77

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de absorción del agregado fino reciclado comercial aumenta en 939.9% respecto al porcentaje de absorción del agregado fino natural lo que indica la existencia de pasta adherida en el agregado fino reciclado comercial.

6.1.4. Granulometría

El análisis granulométrico del árido fino natural y de la arena reciclada comercial da como resultado los porcentajes de acumulación que pasa por cada tamiz como se muestra en la Tabla 55 así como también se tiene los límites de huso establecidos por la NTP 400.037.

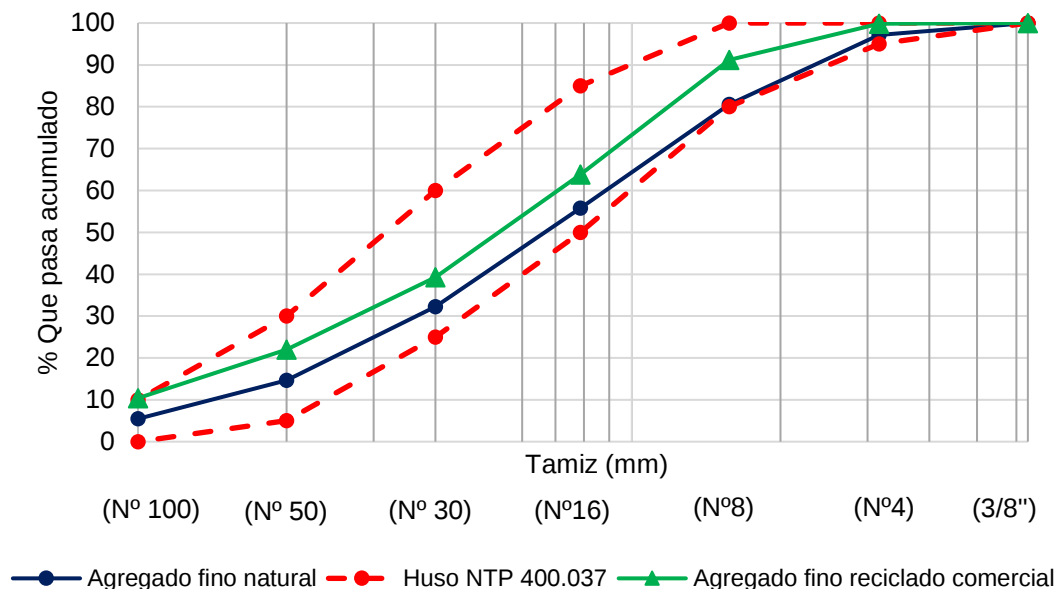
Tabla 55. Análisis Granulométrico de Árido Fino Natural y Reciclado Comercial.

Malla	Tamaño (mm)	Porcentaje acumulado que pasa árido fino natural	Porcentaje acumulado que pasa árido reciclado	porcentaje de huso	
3/8"	9.50	100	100	100	100
Nº 4	4.75	97.17	99.83	95	100
Nº 8	2.36	80.57	91.22	80	100
Nº 16	1.18	55.81	63.85	50	85
Nº 30	0.60	32.21	39.31	25	60
Nº 50	0.30	14.64	21.96	5	30
Nº 100	0.15	5.46	10.39	0	10
Fondo	0.00	0	0.00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, los valores de la Tabla 55 se grafican y se comparan en la curva granulométrica de la Figura 12.

Figura 12. Curva Granulométrica de Arena Natural y Arena Reciclada.



Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que la gradación granulométrica del agregado fino natural como del agregado fino reciclado comercial están dentro de los límites del huso de la curva granulométrica establecidos por la NTP 400.037:2021, por lo que se considera que cumplen con los límites requeridos de especificaciones solicitadas por la norma, es decir, se tiene una buena gradación de partículas según el tamaño, además se puede apreciar según la Figura 18 que el agregado fino reciclado comercial presenta ligeramente menores dimensiones que el agregado fino natural.

Respecto a la granulometría del agregado grueso natural se pudo apreciar, de la Figura 2, que está dentro de los límites del huso, establecidos por la NTP 400.037:2021, de la curva granulométrica del agregado grueso exigido por el Huso 5, por lo que se considera que cumple con los límites requeridos de especificaciones solicitadas por la norma, es decir, se tiene una buena gradación de partículas según el tamaño.

6.2. Diagnóstico de ensayos al concreto fresco

6.2.1. Asentamiento

El asentamiento de las mezclas de concreto es un indicativo de trabajabilidad del concreto. Si el valor de esta propiedad disminuye indica que la mezcla de concreto está perdiendo la trabajabilidad requerida.

En la Tabla 41 se muestra que el asentamiento de la mezcla de concreto se ajustó en el rango trabajable de 3" a 4" lo cual nos indica la consistencia plástica de la mezcla de concreto tal como se planteó, para ello se realizó para cada tipo de concreto las consideraciones establecidas siguientes de mezcla respecto a la mezcla de concreto PATRÓN:

-Para la mezcla de concreto RECO+SUST y RECO con respecto a PATRÓN fue necesario emplear una mayor cantidad de agua y por ende una mayor cantidad de cemento en el concreto para tener el rango de consistencia plástica requerida manteniendo fija la relación agua-cemento preestablecida (0.60, 0.65 y 0.70) en los tipos de mezclas.

-Para la mezcla de concreto RECO+ADIT con respecto a PATRÓN se disminuyó la cantidad de agua y por ende la cantidad de cemento en el concreto para tener el rango de consistencia plástica requerida al agregar aditivo superplastificante manteniendo fija la relación agua-cemento preestablecida (0.60, 0.65 y 0.70) en los tipos de mezclas.

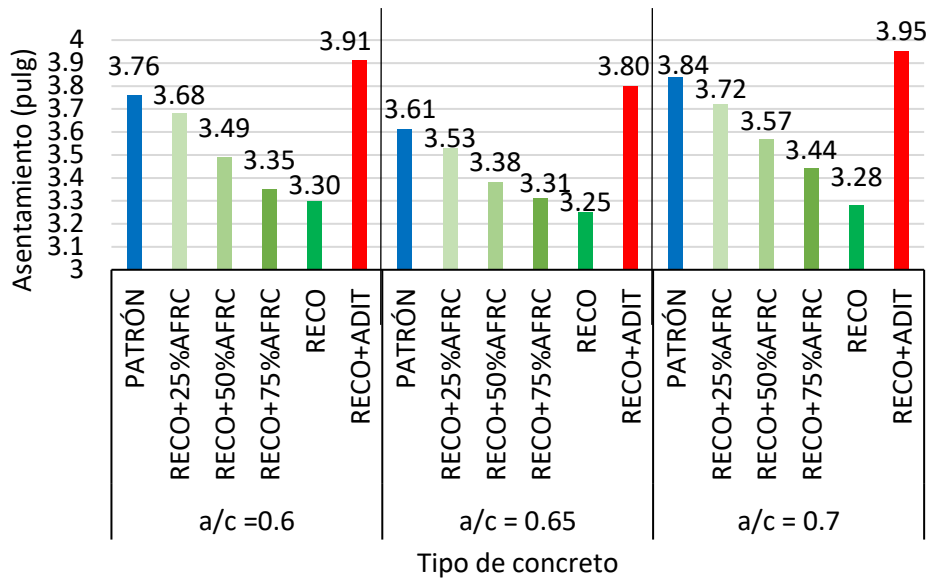
En la Tabla 56 y Figura 13 se muestra el asentamiento y su variación porcentual para cada tipo de mezcla de concreto con respecto a PATRÓN.

Tabla 56. Asentamiento de los Tipos de Concreto y Variación Porcentual
Respecto a PATRÓN.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cemento (kg/m³)	Slump promedio		% a PA- TRÓN	Var. en %
			(pulg)	(mm)		
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	3.76	96	100.0	-
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	3.68	93	97.9	-2.1
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	3.49	89	92.8	-7.2
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	3.35	85	89.1	-10.9
RECO	0.60/100%AFRC	391.67	3.30	84	87.8	-12.2
RECO+ADIT	0.60/100%AFRC	333.33	3.91	82	104.0	4.0
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	3.61	92	100.0	-
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	3.53	90	97.8	-2.2
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	3.38	86	93.6	-6.4
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	3.31	84	91.7	-8.3
RECO	0.65/100%AFRC	356.15	3.25	83	90.0	-10.0
RECO+ADIT	0.65/100%AFRC	301.54	3.80	97	105.3	5.3
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	3.84	98	100.0	-
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	3.72	94	96.9	-3.1
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	3.57	91	93.0	-7.0
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	3.44	87	89.6	-10.4
RECO	0.70/100%AFRC	328.57	3.28	83	85.4	-14.6
RECO+ADIT	0.70/100%AFRC	277.14	3.95	100	102.9	2.9

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Asentamiento de las Clases de Concreto y Porcentaje Respecto a PATRÓN.



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. Peso unitario

A continuación, se compara los resultados del ensayo de peso unitario de los tipos de diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial respecto al diseño de mezcla de concreto PATRÓN:

-En la relación agua/cemento = 0.60 para el concreto PATRÓN se tiene que el P.U. es de 2359.75 kg/m³ considerándose de normal densidad, en tanto para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tienen el valor de 2341.38 kg/m³, 2320.55 kg/m³ y 2298.65 kg/m³ lo que representan una disminución de 0.8 %, 1.7 % y 2.6 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que el peso unitario es de 2231.55 kg/m³ lo que representa una disminución de 5.4 % respecto a PATRÓN. Estos valores de peso unitario de los tipos de concreto con agregado fino reciclado comercial en su composición están por debajo del peso unitario de PATRÓN, pero pueden ser considerados concretos de normal densidad.

-En la relación agua/cemento = 0.65 para el concreto PATRÓN se tiene que el P.U. es de 2365.75 kg/m³ considerándose de normal densidad, en tanto para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tienen el valor de 2337.15 kg/m³, 2319.49 kg/m³ y 2292.65 kg/m³ lo que representan una disminución de 1.2 %, 2.0 % y 3.1 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC)

se tiene que el peso unitario es de 2262.28 kg/m^3 lo que representa una disminución de 4.4 % respecto a PATRÓN. Estos valores de peso unitario de los tipos de concreto con agregado fino reciclado comercial en su composición están por debajo del peso unitario de PATRÓN, pero pueden ser considerados concretos de normal densidad.

-En la relación agua/cemento = 0.70 para el concreto PATRÓN se tiene que el P.U. es de 2379.52 kg/m^3 considerándose de normal densidad, en tanto para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tienen el valor de 2356.92 kg/m^3 , 2332.20 kg/m^3 y 2298.65 kg/m^3 lo que representan una disminución de 0.9 %, 2.0 % y 3.4 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que el peso unitario es de 2269.70 kg/m^3 lo que representa una disminución de 4.6 % respecto a PATRÓN. Estos valores de peso unitario de los tipos de concreto con agregado fino reciclado comercial en su composición están por debajo del peso unitario de PATRÓN, pero pueden ser considerados concretos de normal densidad.

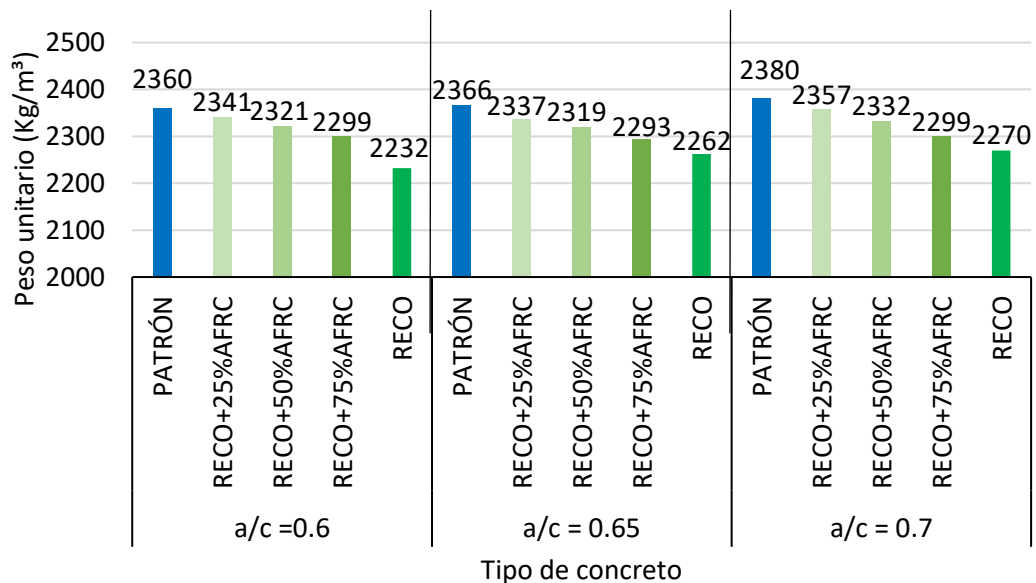
En la Tabla 57 y Figura 14 se muestra el peso unitario de las clases de mezclas en investigación y la variación porcentual respecto a PATRÓN, se observa a partir de los valores obtenidos una reducción del peso unitario de los concretos con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial (RECO+SUST), y con agregado fino reciclado comercial (RECO), esta reducción aumenta de manera no significativa conforme aumenta el %AFRC, esta reducción del peso unitario se debe principalmente al grado de porosidad y la menor densidad del mortero adherido en el agregado fino reciclado comercial, haciendo que durante el proceso de mezclado el agua (menor peso específico que el agregado fino reciclado comercial) ocupe los espacios vacíos de los poros generándose un mayor contenido de aire que influye en el peso unitario.

Tabla 57. P.U. de los Tipos de Concreto y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cemento kg/m ³	Peso unitario kg/m ³	% respecto a PATRÓN	Var. en %
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	2359.75	100.0	-
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	2341.38	99.2	-0.8
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	2320.55	98.3	-1.7
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	2298.65	97.4	-2.6
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	2231.55	94.6	-5.4
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	2365.75	100.0	-
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	2337.15	98.8	-1.2
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	2319.49	98.0	-2.0
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	2292.65	96.9	-3.1
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	2262.28	95.6	-4.4
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	2379.52	100.0	-
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	2356.92	99.1	-0.9
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	2332.20	98.0	-2.0
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	2298.65	96.6	-3.4
RECO	0.70 / 100%AFRC	328.57	2269.70	95.4	-4.6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Peso Unitario de los Tipos de Concreto.



Fuente: Elaboración propia.

6.2.3. Contenido de aire atrapado

A continuación, se compara los resultados del ensayo de contenido de aire de los tipos de diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial respecto al diseño de mezcla de concreto PATRÓN:

-Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que el contenido de aire para PATRÓN es de 1.10 %, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tienen el valor de 2.30 %, 2.80 % y 3.10 % lo que representan un aumento de 109.1 %, 154.5 % y 181.8 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que el contenido de aire es de 3.50 % lo que representa un aumento de 218.2 % respecto a PATRÓN. Para RECO+ADIT se tiene que el contenido de aire es de 2.50 % lo que representa un aumento de 127.3 % respecto a PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que el contenido de aire para PATRÓN es de 1.30 %, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tienen el valor de 2.70 %, 3.00 % y 3.40 % lo que representan un aumento de 107.7 %, 130.8 % y 161.5 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que el contenido de aire es de 3.60 % lo que representa un aumento de 176.9 % respecto a PATRÓN. Para RECO+ADIT se tiene que el contenido de aire es de 2.80 % lo que representa un aumento de 115.4 % respecto a PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que el contenido de aire para PATRÓN es de 1.40 %, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tienen el valor de 2.80 %, 3.10 % y 3.50 % lo que representan un aumento de 100.0 %, 121.4 % y 150.0 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que el contenido de aire es de 3.80 % lo que representa un aumento de 171.4 % respecto a PATRÓN. Para RECO+ADIT se tiene que el contenido de aire es de 3.00 % lo que representa un aumento de 114.3 % respecto a PATRÓN.

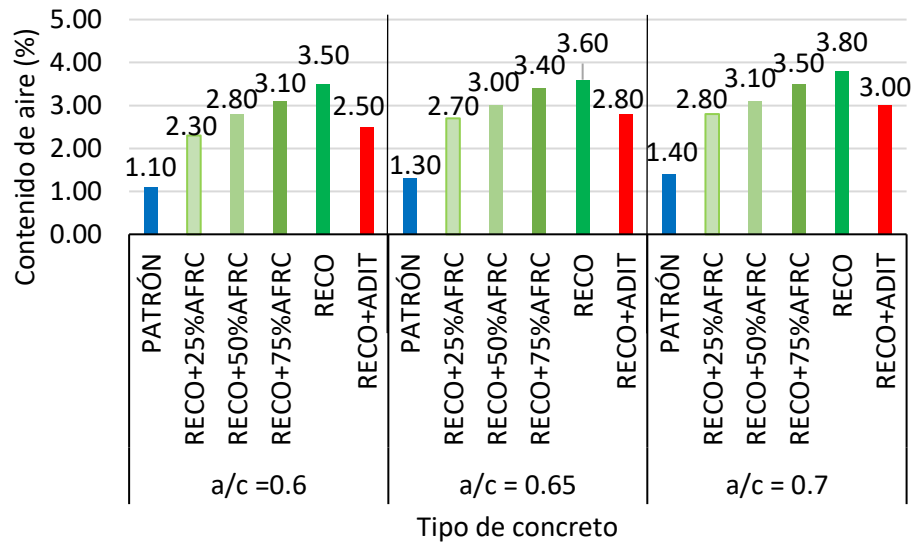
En la Tabla 58 y Figura 15 se muestra el contenido de aire de los tipos de concreto de estudio y la variación porcentual respecto a PATRÓN, se observa a partir de los valores obtenidos un aumento considerable del contenido de aire de los concretos con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial (RECO+SUST), del concreto con agregado fino reciclado comercial (RECO) y al adicionar aditivo superplastificante (RECO+ADIT), este aumento de contenido de

aire se puede explicar debido en parte a la liberación de aire del mortero adherido al agregado fino reciclado comercial durante el proceso de mezclado del concreto, es decir debido a la porosidad del agregado fino reciclado comercial, esto en producto a la no saturación previa del mezclado del agregado fino reciclado comercial.

Tabla 58. Contenido de Aire de los Tipos de Concreto y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cemento kg/m ³	Contenido de aire (%)	% respecto a PATRÓN	Var. en %
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	1.10	100.0	-
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	2.30	209.1	109.1
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	2.80	254.5	154.5
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	3.10	281.8	181.8
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	3.50	318.2	218.2
RECO+ADIT	0.60 / 100%AFRC	333.33	2.50	227.3	127.3
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	1.30	100.0	-
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	2.70	207.7	107.7
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	3.00	230.8	130.8
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	3.40	261.5	161.5
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	3.60	276.9	176.9
RECO+ADIT	0.65 / 100%AFRC	301.54	2.80	215.4	115.4
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	1.40	100.0	-
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	2.80	200.0	100.0
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	3.10	221.4	121.4
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	3.50	250.0	150.0
RECO	0.70 / 100%AFRC	328.57	3.80	271.4	171.4
RECO+ADIT	0.70 / 100%AFRC	277.14	3.00	214.3	114.3

Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Contenido de Aire de las Clases de Mezcla.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4. Exudación

A continuación, se compara los resultados del ensayo de exudación de los tipos de diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial respecto al diseño de mezcla de concreto PATRÓN:

-Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que la exudación para PATRÓN es de 2.35 %, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tiene el valor de 2.09 %, 2.32 % y 2.25 % lo que representa una disminución del 11.1 %, 1.3 % y 4.3 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que la exudación es de 2.21 % lo que representa una disminución del 6.0 % respecto a PATRÓN. Para RECO+ADIT se tiene que la exudación es de 0.00 % lo que representa una disminución del 100.0 % respecto a PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que la exudación para PATRÓN es de 1.65 %, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tiene el valor de 1.61 %, 1.56 % y 1.57 % lo que representa una disminución del 2.4 %, 5.5 % y 4.8 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que la exudación es de 1.25 % lo que representa una disminución del 24.2 % respecto a PATRÓN. Para RECO+ADIT se tiene que la exudación es de 0.00 % lo que representa una disminución del 100.0 % respecto a PATRÓN.

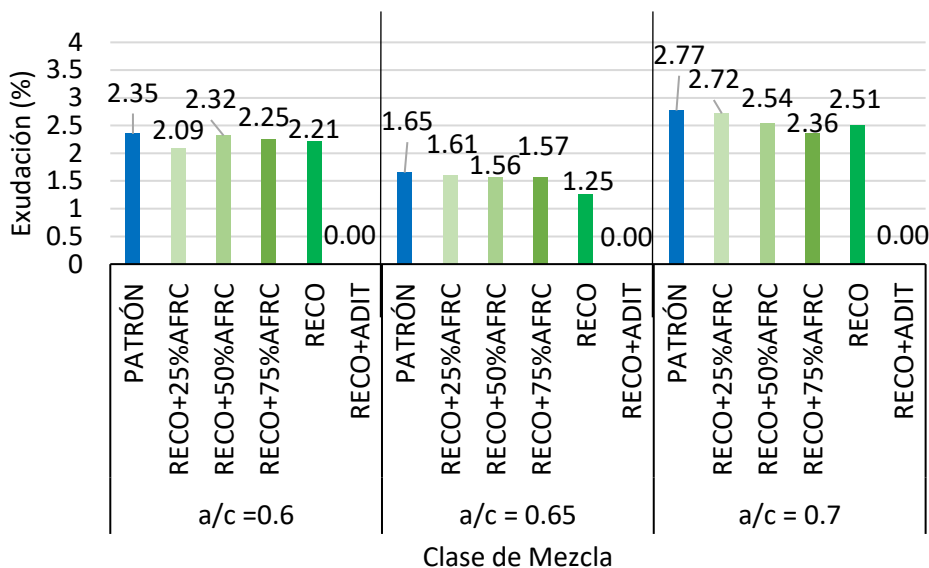
-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que la exudación para PATRÓN es de 2.77 %, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tiene el valor de 2.72 %, 2.54 % y 2.36 % lo que representa una disminución del 1.8 %, 8.3 % y 14.8 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que la exudación es de 2.51 % lo que representa una disminución del 9.4 % respecto a PATRÓN. Para RECO+ADIT se tiene que la exudación es de 0.00 % lo que representa una disminución del 100.0 % respecto a PATRÓN.

En la Tabla 59 y Figura 16 se muestra la exudación de los tipos de concreto de estudio y la variación porcentual respecto a PATRÓN, se observa a partir de los valores obtenidos una disminución de la exudación de los concretos con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial (RECO+SUST), del concreto con agregado fino reciclado comercial (RECO) ,y una disminución considerable al adicionar aditivo superplastificante (RECO+ADIT). Esta disminución de la exudación se puede explicar debido en parte al uso del agregado fino reciclado comercial sin previa saturación, lo cual hace que el agua empleada para el concreto se absorba durante y después del mezclado, y con mayor reducción significativa de la exudación adicionando aditivo superplastificante, esto debido a su efecto hidratante del aditivo sobre el cemento del concreto.

Tabla 59. Exudación de los Tipos de Concreto y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.

Clase de Mezcla	Agua/cemento / %AFRC	Cemento kg/m ³	Exudación (%)	% respecto a PATRÓN	Var. en %
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	2.35	100.0	-
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	2.09	88.9	-11.1
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	2.32	98.7	-1.3
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	2.25	95.7	-4.3
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	2.21	94.0	-6.0
RECO+ADIT	0.60 / 100%AFRC	333.33	0.00	0.0	-100.0
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	1.65	100.0	-
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	1.61	97.6	-2.4
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	1.56	94.5	-5.5
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	1.57	95.2	-4.8
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	1.25	75.8	-24.2
RECO+ADIT	0.65 / 100%AFRC	301.54	0.00	0.0	-100.0
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	2.77	100.0	-
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	2.72	98.2	-1.8
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	2.54	91.7	-8.3
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	2.36	85.2	-14.8
RECO	0.70 / 100%AFRC	328.57	2.51	90.6	-9.4
RECO+ADIT	0.70 / 100%AFRC	277.14	0.00	0.0	-100.0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Exudación de las Clases de Mezcla.

Fuente: Elaboración propia.

6.2.5. Tiempo de fraguado

A continuación, se compara los resultados del ensayo de tiempo de fraguado de los tipos de diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial respecto al diseño de mezcla de concreto PATRÓN:

-Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que el TFI para la muestra PATRÓN es de 255.5 minutos, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tiene el valor de 254.1 minutos, 213.0 minutos y 237.8 minutos lo que representa 99.5 %, 83.4 % y 93.1 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que el tiempo de fraguado inicial TFI es de 237.8 minutos lo que representa 93.1 % respecto a PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.60$ se tiene que el TFF para la mezcla PATRÓN es de 359.2 minutos, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tiene el valor de 349.1 minutos, 309.3 minutos y 303.3 minutos lo que representa 97.2 %, 86.1 % y 84.4 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que el tiempo de fraguado final TFF es de 303.6 minutos lo que representa 84.5 % respecto a PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que el TFI para la mezcla PATRÓN es de 278.8 minutos, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tiene el valor de 260.9 minutos, 249.8 minutos y 249.8 minutos lo que representa 93.6 %, 89.6 % y 89.6 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para

RECO (100%AFRC) se tiene que el tiempo de fraguado inicial TFI es de 235.1 minutos lo que representa 84.3 % respecto a PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$ se tiene que el TFF para la mezcla PATRÓN es de 377.6 minutos, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tiene el valor de 373.9 minutos, 364.9 minutos y 348.2 minutos lo que representa 99.0 %, 96.6 % y 92.2 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que el tiempo de fraguado final TFF es de 330.1 minutos lo que representa 87.4 % respecto a PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que el TFI para la mezcla PATRÓN es de 277.9 minutos, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tiene el valor de 277.8 minutos, 268.2 minutos y 250.1 minutos lo que representa 100.0 %, 96.5 % y 90.0 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que el tiempo de fraguado inicial TFI es de 247.1 minutos lo que representa 88.9 % respecto a PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$ se tiene que el TFF para la mezcla PATRÓN es de 398.4 minutos, mientras que para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC Y 75%AFRC tiene el valor de 385.1 minutos, 372.9 minutos y 370.9 minutos lo que representa 96.7 %, 93.6 % y 93.1 % respectivamente respecto a PATRÓN. Para RECO (100%AFRC) se tiene que el tiempo de fraguado final TFF es de 360.9 minutos lo que representa 90.6 % respecto a PATRÓN.

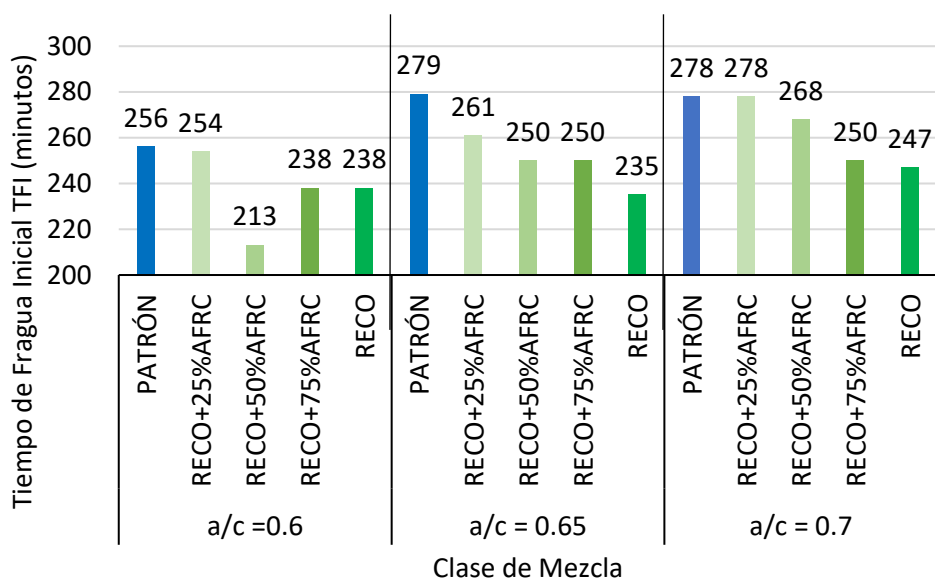
En la Tabla 60, Figura 17 y Figura 18 se muestra el tiempo de fragua inicial de los tipos de concreto de estudio y porcentaje respecto a PATRÓN, se observa a partir de los valores obtenidos que el tiempo de fragua inicial y final disminuye para concretos con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial (RECO+SUST) y para concretos con agregado fino reciclado comercial (RECO) respecto a PATRÓN, por lo que se puede ver que el tiempo de fraguado disminuía conforme el porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial aumentaba en la mezcla de concreto.

Tabla 60. T.F.I y T.F.F. de los Tipos de Concreto y Porcentaje Respecto a PATRÓN.

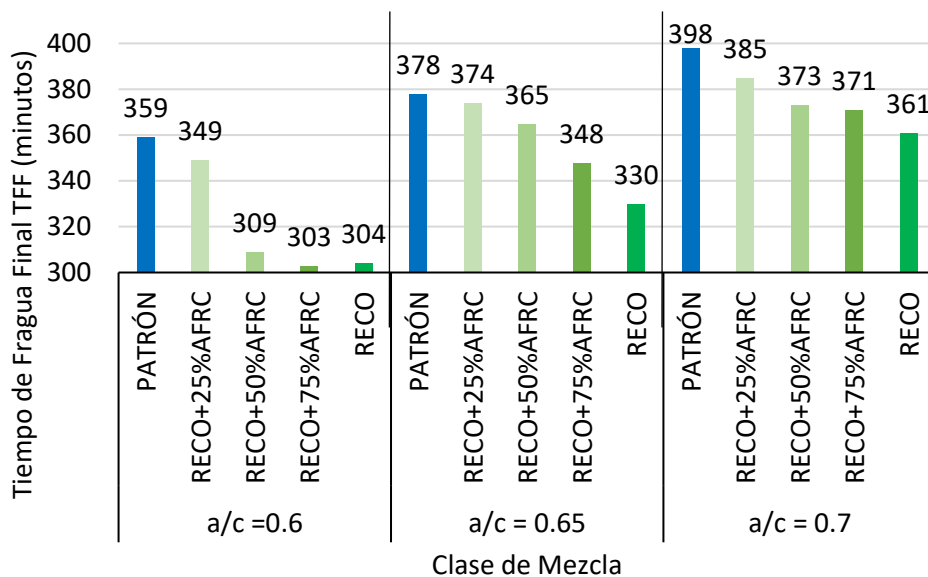
Clase de Mezcla	a/c / %AFRC	Tiempo de fragua inicial TFI		% respecto a PATRÓN	Tiempo de fragua final TFF		% respecto a PATRÓN
		h:m	min		h:m	min	
PATRÓN	0.60 / 0%	04:15	255.5	100.0	05:59	359.2	100.0
RECO+SUST	0.60 / 25%	04:14	254.1	99.5	05:49	349.1	97.2
RECO+SUST	0.60 / 50%	03:33	213.0	83.4	05:09	309.3	86.1
RECO+SUST	0.60 / 75%	03:57	237.8	93.1	05:03	303.3	84.4
RECO	0.60/100%	03:57	237.8	93.1	05:03	303.6	84.5
PATRÓN	0.60 / 0%	04:38	278.8	100.0	06:17	377.6	100.0
RECO+SUST	0.60 / 25%	04:20	260.9	93.6	06:13	373.9	99.0
RECO+SUST	0.60 / 50%	04:09	249.8	89.6	06:04	364.9	96.6
RECO+SUST	0.60 / 75%	04:09	249.8	89.6	05:48	348.2	92.2
RECO	0.60/100%	03:55	235.1	84.3	05:30	330.1	87.4
PATRÓN	0.60 / 0%	04:37	277.9	100.0	06:38	398.4	100.0
RECO+SUST	0.60 / 25%	04:37	277.8	100.0	06:25	385.1	96.7
RECO+SUST	0.60 / 50%	04:28	268.2	96.5	06:12	372.9	93.6
RECO+SUST	0.60 / 75%	04:10	250.1	90.0	06:10	370.9	93.1
RECO	0.60/100%	04:07	247.1	88.9	06:00	360.9	90.6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Tiempo de Fragua Inicial de las Clases de Mezcla.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Tiempo de Fragua Final de las Clases de Mezcla.

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Diagnóstico de ensayos al concreto endurecido

6.3.1. Esfuerzo a compresión

A continuación, se compara los resultados del ensayo de resistencia a compresión de los tipos de diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial respecto al diseño de mezcla de concreto PATRÓN:

Se tiene para la relación agua/cemento = 0.60 que el esfuerzo a compresión para la mezcla PATRÓN a la edad de 7 y 28 días es de 282 y 350 kg/cm². Para RECO+SUST con 25%AFRC se tiene resistencias de 271 y 323 kg/cm², lo que representa un 96.0 % y 92.2 % respecto de PATRÓN, para RECO+SUST con 50%AFRC se tiene resistencias de 261 y 312 kg/cm², lo que representa un 92.4 % y 89.2 % respecto de PATRÓN, para RECO+SUST con 75%AFRC se tiene resistencias de 258 y 299 kg/cm², lo que representa un 91.3 % y 85.3 % respecto de PATRÓN. Para RECO se tiene resistencias de 256 y 295 kg/cm², lo que representa un 90.7 % y 84.2 % respecto de PATRÓN. Para RECO+ADIT se tiene resistencias de 319 y 369 kg/cm², lo que representa un 113.0 % y 105.3 % respecto de PATRÓN.

En la Tabla 61 se muestra el esfuerzo de la resistencia a compresión y el porcentaje respecto a PATRÓN para 7 y 28 días, se observa que, para RECO+SUST, la tendencia de los resultados obtenidos muestra una disminución del esfuerzo de la resistencia a compresión a mayor porcentaje de sustitución de

agregado fino reciclado comercial en la mezcla de concreto, para RECO (concreto con agregado fino reciclado comercial) la tendencia de los resultados obtenidos muestra una disminución del esfuerzo de la resistencia a compresión llegando hasta 84.2% respecto de PATRÓN y para RECO+ADIT (concreto con agregado fino reciclado comercial más aditivo superplastificante) el esfuerzo de la resistencia a compresión llega hasta un 113% (7 días) respecto de PATRÓN.

Tabla 61. Esfuerzo a Compresión y Porcentaje Respecto a PATRÓN,
agua/cemento = 0.60.

Clase de Mezcla	Cemento kg/m ³ / %AFRC	Expresión	7 días	28 días
PATRÓN	383.33 /	Compresión (kg/cm ²)	282	350
	0%AFRC	% respecto de PATRÓN	100.0	100.0
RECO+SUST	385.42 /	Compresión (kg/cm ²)	271	323
	25%AFRC	% respecto de PATRÓN	96.0	92.2
RECO+SUST	387.50 /	Compresión (kg/cm ²)	261	312
	50%AFRC	% respecto de PATRÓN	92.4	89.2
RECO+SUST	389.58 /	Compresión (kg/cm ²)	258	299
	75%AFRC	% respecto de PATRÓN	91.3	85.3
RECO	391.67 /	Compresión (kg/cm ²)	256	295
	100%AFRC	% respecto de PATRÓN	90.7	84.2
RECO+ADIT	333.33 /	Compresión (kg/cm ²)	319	369
	100%AFRC	% respecto de PATRÓN	113.0	105.3

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene para la relación agua/cemento = 0.65 que el esfuerzo a compresión para la mezcla PATRÓN a la edad de 7 y 28 días es de 263 y 313 kg/cm². Para RECO+SUST con 25%AFRC se tiene resistencias de 252 y 300 kg/cm², lo que representa un 96.2 % y 96.1 % respecto de PATRÓN, para RECO+SUST con 50%AFRC se tiene resistencias de 231 y 270 kg/cm², lo que representa un 88.1 % y 86.3 % respecto de PATRÓN, para RECO+SUST con 75%AFRC se tiene resistencias de 220 y 262 kg/cm², lo que representa un 83.6 % y 83.9 % respecto de PATRÓN. Para RECO se tiene resistencias de 216 y 255 kg/cm², lo que representa un 82.4 % y 81.6 % respecto de PATRÓN. Para RECO+ADIT se tiene resistencias de 260 y 317 kg/cm², lo que representa un 98.9 % y 101.3 % respecto de PATRÓN.

En la Tabla 62 se muestra el esfuerzo de la resistencia a compresión y el porcentaje respecto a PATRÓN para 7 y 28 días, se observa que, para RECO+SUST, la tendencia de los resultados obtenidos muestra una disminución del esfuerzo de la resistencia a compresión a mayor porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial en la mezcla de concreto, para RECO (concreto con agregado fino reciclado comercial) la tendencia de los resultados obtenidos muestra una disminución del esfuerzo de la resistencia a compresión llegando hasta 81.6% respecto de PATRÓN y para RECO+ADIT (concreto con agregado fino reciclado comercial más aditivo superplastificante) el esfuerzo de la resistencia a compresión supera mínimamente llegando hasta 101.3% respecto de PATRÓN.

Tabla 62. Esfuerzo de Resistencia a Compresión y Porcentaje Respecto a PATRÓN, $a/c = 0.65$.

Tipo de concreto	Cemento kg/m ³ / %AFRC	Indicador	7 días	28 días
PATRÓN	383.33 /	Compresión (kg/cm ²)	263	313
	0%AFRC	% respecto de PATRÓN	100.0	100.0
RECO+SUST	385.42 /	Compresión (kg/cm ²)	252	300
	25%AFRC	% respecto de PATRÓN	96.2	96.1
RECO+SUST	387.50 /	Compresión (kg/cm ²)	231	270
	50%AFRC	% respecto de PATRÓN	88.1	86.3
RECO+SUST	389.58 /	Compresión (kg/cm ²)	220	262
	75%AFRC	% respecto de PATRÓN	83.6	83.9
RECO	391.67 /	Compresión (kg/cm ²)	216	255
	100%AFRC	% respecto de PATRÓN	82.4	81.6
RECO+ADIT	333.33 /	Compresión (kg/cm ²)	260	317
	100%AFRC	% respecto de PATRÓN	98.9	101.3

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene para la relación agua/cemento = 0.70 que el esfuerzo a compresión para la mezcla PATRÓN a la edad de 7 y 28 días es de 244 y 287 kg/cm². Para RECO+SUST con 25%AFRC se tiene resistencias de 241 y 274 kg/cm², lo que representa un 98.8 % y 95.5 % respecto de PATRÓN, para RECO+SUST con 50%AFRC se tiene resistencias de 217 y 258 kg/cm², lo que representa un 88.6 % y 89.9 % respecto de PATRÓN, para RECO+SUST con 75%AFRC se tiene resistencias de 210 y 249 kg/cm², lo que representa un 85.9 % y 86.8 % respecto

de PATRÓN. Para RECO se tiene resistencias de 205 y 236 kg/cm², lo que representa un 83.7 % y 82.5 % respecto de PATRÓN. Para RECO+ADIT se tiene resistencias de 225 y 278 kg/cm², lo que representa un 92.0 % y 96.9 % respecto de PATRÓN.

En la Tabla 63 se muestra el esfuerzo de la resistencia a compresión y el porcentaje respecto a PATRÓN para 7 y 28 días, se observa que, para RECO+SUST, la tendencia de los resultados obtenidos muestra una disminución del esfuerzo de la resistencia a compresión a mayor porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial en la mezcla de concreto, para RECO (concreto con agregado fino reciclado comercial) la tendencia de los resultados obtenidos muestra una disminución del esfuerzo de la resistencia a compresión llegando hasta 82.5% respecto de PATRÓN y para RECO+ADIT (concreto con agregado fino reciclado comercial más aditivo) el esfuerzo de la resistencia a compresión se recupera no superando al valor del esfuerzo a compresión de la mezcla PATRÓN.

Tabla 63. Esfuerzo a Compresión y Porcentaje Respecto a PATRÓN, a/c = 0.70.

Tipo de concreto	Cemento kg/m ³ / %AFRC	Indicador	7 días	28 días
PATRÓN	383.33 /	Compresión (kg/cm ²)	244	287
	0%AFRC	% respecto de PATRÓN	100.0	100.0
RECO+SUST	385.42 /	Compresión (kg/cm ²)	241	274
	25%AFRC	% respecto de PATRÓN	98.8	95.5
RECO+SUST	387.50 /	Compresión (kg/cm ²)	217	258
	50%AFRC	% respecto de PATRÓN	88.6	89.9
RECO+SUST	389.58 /	Compresión (kg/cm ²)	210	249
	75%AFRC	% respecto de PATRÓN	85.9	86.8
RECO	391.67 /	Compresión (kg/cm ²)	205	236
	100%AFRC	% respecto de PATRÓN	83.7	82.5
RECO+ADIT	333.33 /	Compresión (kg/cm ²)	225	278
	100%AFRC	% respecto de PATRÓN	92.0	96.9

Fuente: Elaboración propia.

Para la edad de 28 días del concreto tenemos la variación porcentual del esfuerzo a compresión de cada clase de mezcla:

-Se tiene para la relación agua/cemento = 0.60 que el esfuerzo a compresión para la mezcla PATRÓN es de 350 kg/cm², para RECO+SUST con 25%AFRC,

50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 323, 312 y 299 kg/cm² lo que representan una variación de -7.8 %, -10.8 % y -14.7 % respectivamente respecto a PATRÓN en tanto que para RECO y RECO+ADIT presenta una resistencia de 295 y 369 kg/cm² que finalmente representa una variación porcentual de -15.8 % y 5.3 % respectivamente en referencia a la mezcla PATRÓN.

-Se tiene para la relación agua/cemento = 0.65 que el esfuerzo a compresión para la mezcla PATRÓN es de 313 kg/cm², para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 300, 270 y 262 kg/cm² lo que representan una variación de -3.9 %, -13.7 % y -16.1 % respectivamente respecto a PATRÓN en tanto que para RECO y RECO+ADIT presenta una resistencia de 255 y 317 kg/cm² que finalmente representa una variación porcentual de -18.4 % y 1.3 % respectivamente en referencia a la mezcla PATRÓN.

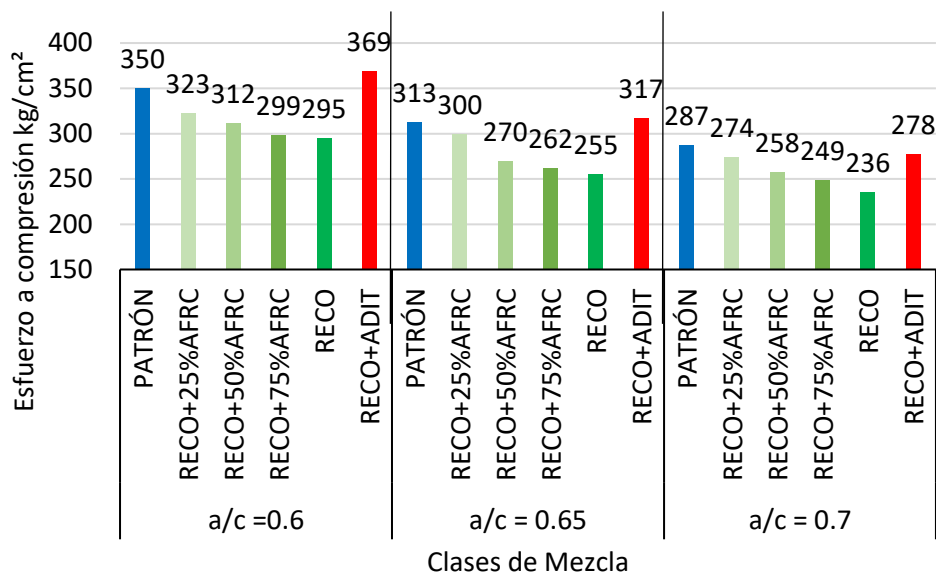
-Se tiene para la relación agua/cemento = 0.70 que el esfuerzo a compresión para la mezcla PATRÓN es de 287 kg/cm², para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 274, 258 y 249 kg/cm² lo que representan una variación de -4.5 %, -10.1 % y -13.2 % respectivamente respecto a PATRÓN en tanto que para RECO y RECO+ADIT presenta una resistencia de 236 y 278 kg/cm² que finalmente representa una variación porcentual de -17.5 % y -3.1 % respectivamente en referencia a la mezcla PATRÓN.

En la Tabla 64 se muestra el esfuerzo de resistencia a compresión a 28 días de los tipos de concreto y variación porcentual respecto a PATRÓN, se observa que el esfuerzo de resistencia a compresión disminuye para RECO+SUST (concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial), para RECO (concreto con agregado fino reciclado comercial) se observa que el esfuerzo de resistencia a compresión disminuye y para RECO+ADIT (concreto con agregado fino reciclado comercial más aditivo superplastificante) el esfuerzo a compresión se reestablece incluso superando a la mezcla PATRÓN.

Tabla 64. Esfuerzo a Compresión de las Clases de Mezcla y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cemento kg/m ³	Esfuerzo a compresión en 28 días kg/cm ²	% respecto a PATRÓN	Var. en %
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	350	100.0	-
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	323	92.2	-7.8
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	312	89.2	-10.8
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	299	85.3	-14.7
RECO	0.60/100%AFRC	391.67	295	84.2	-15.8
RECO+ADIT	0.60/100%AFRC	333.33	369	105.3	5.3
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	313	100.0	-
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	300	96.1	-3.9
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	270	86.3	-13.7
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	262	83.9	-16.1
RECO	0.65/100%AFRC	356.15	255	81.6	-18.4
RECO+ADIT	0.65/100%AFRC	301.54	317	101.3	1.3
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	287	100.0	-
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	274	95.5	-4.5
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	258	89.9	-10.1
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	249	86.8	-13.2
RECO	0.70/100%AFRC	328.57	236	82.5	-17.5
RECO+ADIT	0.70/100%AFRC	277.14	278	96.9	-3.1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Resistencia a Compresión de los Tipos de Concreto a los 28 Días.

Fuente: Elaboración propia

De manera general se tiene que para RECO+SUST (concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial) y RECO (concreto con agregado fino reciclado comercial) el esfuerzo de la resistencia a compresión disminuye respecto a PATRÓN, esto se debe cualitativamente a la menor calidad en todas las características del agregado fino reciclado comercial (principalmente la porosidad del mortero adherido) y el mayor contenido de aire generado en la matriz del concreto, pero para RECO+ADIT (concreto con agregado fino reciclado comercial más aditivo superplastificante) el esfuerzo de resistencia a compresión se recupera incluso llegando a superar a PATRÓN, esto debido a la acción del aditivo superplastificante con su efecto hidratante sobre el cemento del concreto.

6.3.2. Esfuerzo a tracción

A continuación, se compara los resultados del ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de los tipos de diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial respecto al diseño de mezcla de concreto PATRÓN:

-Para la relación $a/c = 0.60$, a los 7 días, se tiene que el esfuerzo de la resistencia a la tracción por compresión diametral para PATRÓN es de 30.9 kg/cm^2 , para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 28.0, 25.9 y 24.1 kg/cm^2 lo que representan una variación de -9.4 %, -16.0 % y -21.9 %

respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 23.9 kg/cm² lo que representa una variación de -22.7 % respecto de PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.60$, a los 28 días, se tiene que el esfuerzo de la resistencia a la tracción por compresión diametral para PATRÓN es de 36.3 kg/cm², para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 33.2, 30.5 y 29.4 kg/cm² lo que representan una variación de -8.8 %, -16.0 % y -19.0 % respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 28.7 kg/cm² lo que representa una variación de -21.0 % respecto de PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$, a los 7 días, se tiene que el esfuerzo de la resistencia a la tracción por compresión diametral para PATRÓN es de 27.3 kg/cm², para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 26.6, 22.8 y 21.3 kg/cm² lo que representan una variación de -2.4 %, -16.5 % y -21.8 % respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 21.0 kg/cm² lo que representa una variación de -23.2 % respecto de PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$, a los 28 días, se tiene que el esfuerzo de la resistencia a la tracción por compresión diametral para PATRÓN es de 32.1 kg/cm², para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 31.4, 27.3 y 26.1 kg/cm² lo que representan una variación de -2.4 %, -15.0 % y -18.9 % respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 25.5 kg/cm² lo que representa una variación de -20.5 % respecto de PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$, a los 7 días, se tiene que el esfuerzo de la resistencia a la tracción por compresión diametral para PATRÓN es de 24.9 kg/cm², para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 24.2, 22.0 y 20.5 kg/cm² lo que representan una variación de -2.7 %, -11.6 % y -17.5 % respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 20.1 kg/cm² lo que representa una variación de -19.3 % respecto de PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$, a los 28 días, se tiene que el esfuerzo de la resistencia a la tracción por compresión diametral para PATRÓN es de 30.0 kg/cm², para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 29.3, 26.4 y 24.6 kg/cm² lo que representan una variación de -2.2 %, -12.0 % y -17.9 % respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 24.1 kg/cm² lo que representa una variación de -19.6 % respecto de PATRÓN.

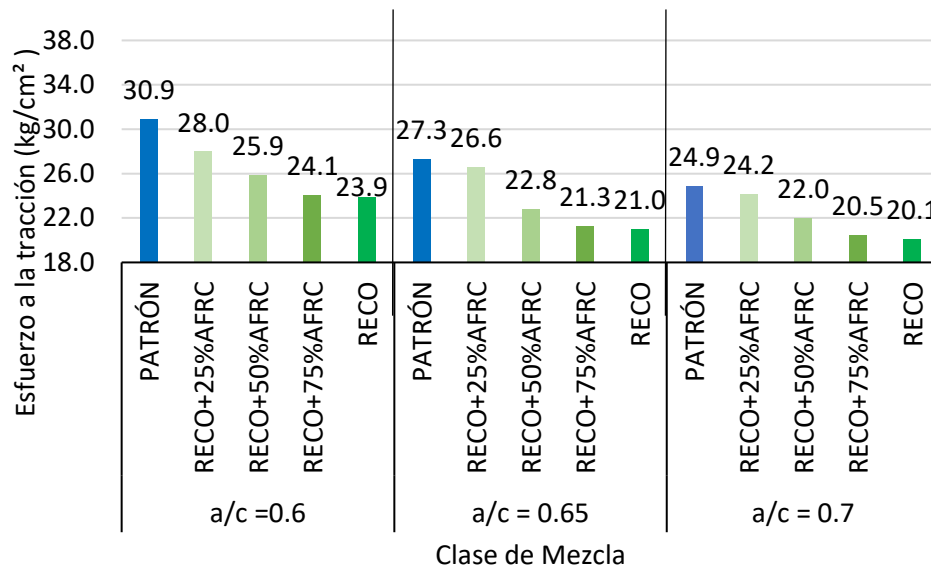
En la Tabla 65, Figura 20 y la Figura 21 se muestra el esfuerzo a la tracción a la edad de 7 días y en la Tabla 66, Figura 22 y la Figura 23 se muestra el esfuerzo a la tracción a la edad de 28 días de las clases de mezcla y su variación porcentual respecto a la mezcla PATRÓN, se evidencia que el esfuerzo a la tracción disminuye para RECO+SUST (mezcla con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial) y RECO (concreto con agregado fino reciclado comercial), esto se debe cualitativamente a la menor calidad en todas las características del agregado fino reciclado comercial (principalmente la porosidad del mortero adherido) y el mayor contenido de aire generado en la matriz del concreto

Tabla 65. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 7 Días y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cemento kg/m ³	Tracción T kg/cm ² 7 días	% respecto a PATRÓN	Var. en %
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	30.9	100.0	-
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	28.0	90.6	-9.4
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	25.9	84.0	-16.0
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	24.1	78.1	-21.9
RECO	0.60/100%AFRC	391.67	23.9	77.3	-22.7
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	27.3	100.0	-
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	26.6	97.6	-2.4
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	22.8	83.5	-16.5
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	21.3	78.2	-21.8
RECO	0.65/100%AFRC	356.15	21.0	76.8	-23.2
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	24.9	100.0	-
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	24.2	97.3	-2.7
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	22.0	88.4	-11.6
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	20.5	82.5	-17.5
RECO	0.70/100%AFRC	328.57	20.1	80.7	-19.3

Fuente: Elaboración propia.

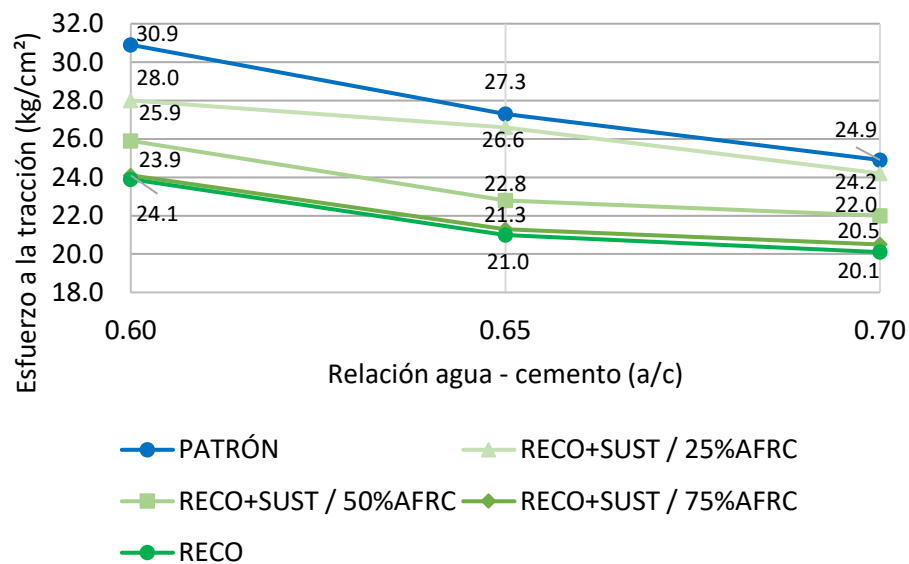
Figura 20. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 7 Días.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en la Figura 21 el esfuerzo a la tracción a los 7 días de edad de las clases de mezcla para cada relación agua-cemento.

Figura 21. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 7 Días Para Cada Relación agua-cemento.

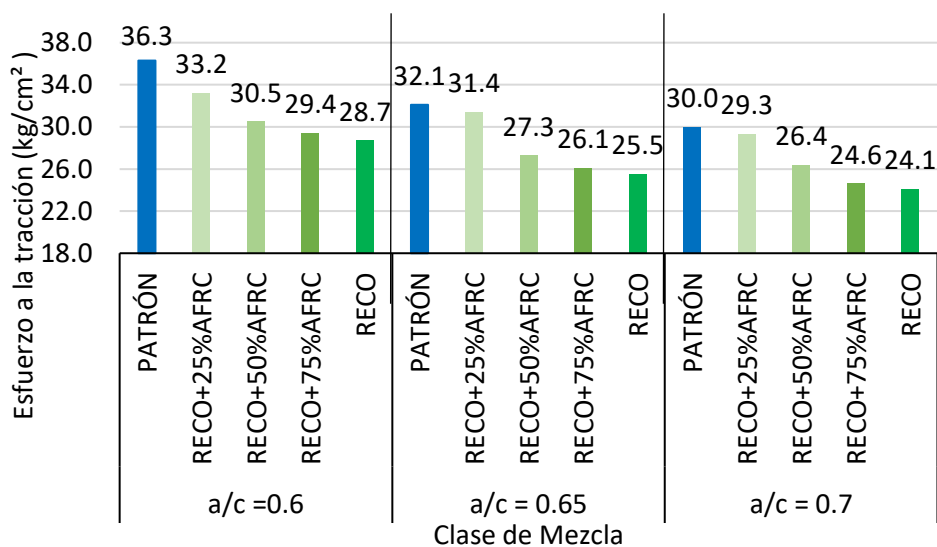


Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 28 Días y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cemento kg/m ³	Tracción T kg/cm ² 28 días	% respecto a PATRÓN	Var. en %
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	36.3	100.0	-
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	33.2	91.2	-8.8
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	30.5	84.0	-16.0
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	29.4	81.0	-19.0
RECO	0.60/100%AFRC	391.67	28.7	79.0	-21.0
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	32.1	100.0	-
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	31.4	97.6	-2.4
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	27.3	85.0	-15.0
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	26.1	81.1	-18.9
RECO	0.65/100%AFRC	356.15	25.5	79.5	-20.5
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	30.0	100.0	-
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	29.3	97.8	-2.2
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	26.4	88.0	-12.0
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	24.6	82.1	-17.9
RECO	0.70/100%AFRC	328.57	24.1	80.4	-19.6

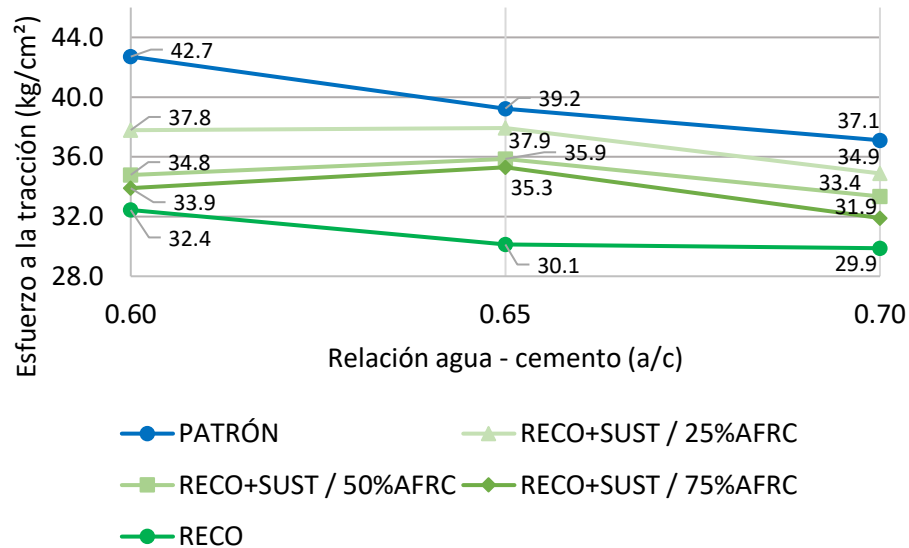
Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 28 Días.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 23 se muestra el esfuerzo de resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días de edad de los tipos de concreto para cada relación a/c.

Figura 23. Esfuerzo a la Tracción de las Clases de Mezcla a los 28 Días Para Cada Relación agua-cemento.



Fuente: Elaboración propia.

6.3.3. Esfuerzo a flexión

A continuación, se compara los resultados del ensayo de resistencia a flexión de los tipos de diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial respecto al diseño de mezcla de concreto PATRÓN:

-Para la relación $a/c = 0.60$, a los 7 días, se tiene que el esfuerzo de resistencia a la flexión para PATRÓN es de 37.1 kg/cm^2 , para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 34.1 , 31.3 y 29.5 kg/cm^2 lo que representan una variación de -8.3% , -15.6% y -20.6% respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 29.8 kg/cm^2 lo que representa una variación de -19.8% respecto de PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.60$, a los 28 días, se tiene que el esfuerzo de la resistencia a la flexión para PATRÓN es de 42.7 kg/cm^2 , para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 37.8 , 34.8 y 33.9 kg/cm^2 lo que representan una variación de -11.5% , -18.5% y -20.6% respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 32.4 kg/cm^2 lo que representa una variación de -24.0% respecto de PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$, a los 7 días, se tiene que el esfuerzo de la resistencia a la flexión para PATRÓN es de 35.7 kg/cm^2 , para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 34.5, 34.8 y 32.5 kg/cm^2 lo que representan una variación de -3.4 %, -2.5 % y -8.9 % respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 27.4 kg/cm^2 lo que representa una variación de -23.2 % respecto de PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.65$, a los 28 días, se tiene que el esfuerzo de la resistencia a la flexión para PATRÓN es de 39.2 kg/cm^2 , para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 37.9, 35.9 y 35.3 kg/cm^2 lo que representan una variación de -3.3 %, -8.6 % y -10.0 % respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 30.1 kg/cm^2 lo que representa una variación de -23.2 % respecto de PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$, a los 7 días, se tiene que el esfuerzo de la resistencia a la flexión para PATRÓN es de 32.9 kg/cm^2 , para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 32.4, 27.0 y 26.4 kg/cm^2 lo que representan una variación de -1.2 %, -17.8 % y -19.8 % respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 24.9 kg/cm^2 lo que representa una variación de -24.2 % respecto de PATRÓN.

-Para la relación $a/c = 0.70$, a los 28 días, se tiene que el esfuerzo de la resistencia a la flexión para PATRÓN es de 37.1 kg/cm^2 , para RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC, y 75%AFRC tiene el valor de 34.9, 33.4 y 31.9 kg/cm^2 lo que representan una variación de -6.0 %, -10.1 % y -14.0 % respectivamente respecto a PATRÓN mientras que para RECO tiene el valor de 29.9 kg/cm^2 lo que representa una variación de -19.5 % respecto de PATRÓN.

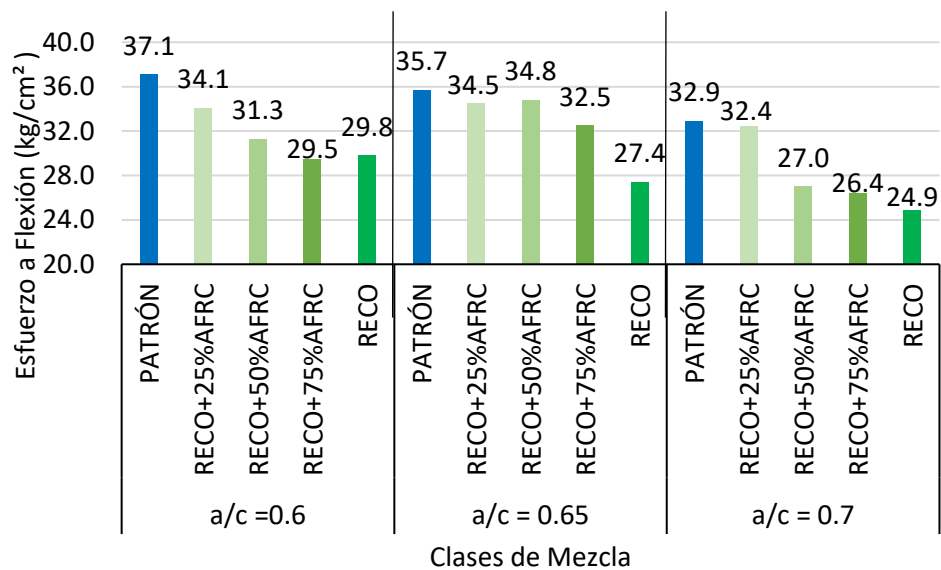
En la Tabla 67, Figura 24 y la Figura 25 se muestra el esfuerzo de resistencia a la flexión a 7 días y en la Tabla 68, Figura 26 y la Figura 27 se muestra el esfuerzo de resistencia a la flexión a 28 días de los tipos de concreto y variación porcentual respecto a PATRÓN, se observa que el esfuerzo de resistencia a la flexión disminuye para RECO+SUST (concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial) y RECO (concreto con agregado fino reciclado comercial), esto se debe cualitativamente a la menor calidad en todas las características del agregado fino reciclado comercial (principalmente la porosidad del mortero adherido) y el mayor contenido de aire generado en la matriz del concreto

Tabla 67. Esfuerzo a la Flexión de las Clases de Mezclas a los 7 Días y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.

Clases de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cemento kg/m ³	Módulo de rotura Mr (kg/cm ²) 7 días	Porcentaje respecto a PATRÓN	Var. en %
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	37.1	100.0	-
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	34.1	91.7	-8.3
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	31.3	84.4	-15.6
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	29.5	79.4	-20.6
RECO	0.60/100%AFRC	391.67	29.8	80.2	-19.8
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	35.7	100.0	-
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	34.5	96.6	-3.4
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	34.8	97.5	-2.5
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	32.5	91.1	-8.9
RECO	0.65/100%AFRC	356.15	27.4	76.8	-23.2
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	32.9	100.0	-
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	32.4	98.8	-1.2
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	27.0	82.2	-17.8
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	26.4	80.2	-19.8
RECO	0.70/100%AFRC	328.57	24.9	75.8	-24.2

Fuente: Elaboración propia.

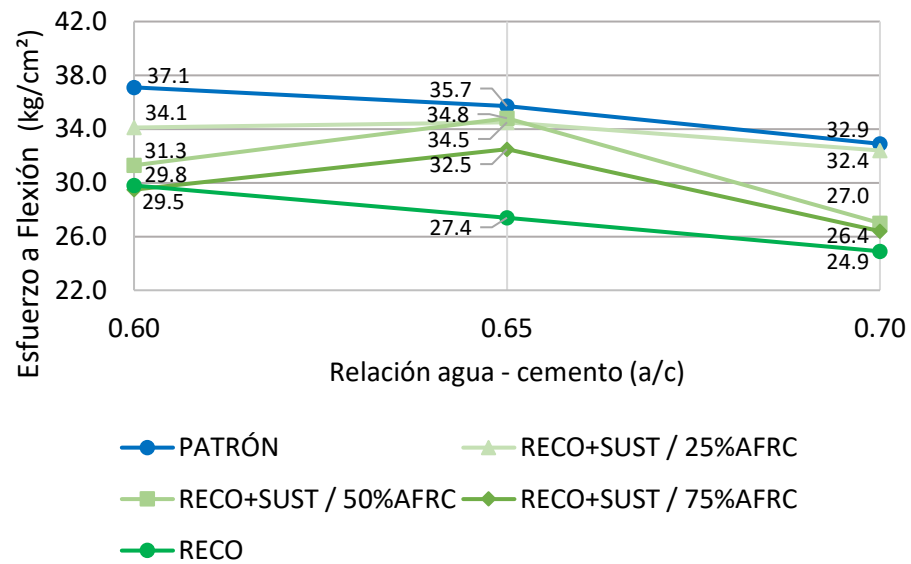
Figura 24. Esfuerzo a la Flexión de las Clases de Mezcla a los 7 Días.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en la Tabla 25 el esfuerzo a la flexión a los 7 días de edad de las clases de mezcla para cada relación agua-cemento.

Figura 25. Esfuerzo a la Flexión de las Clases de Mezcla a los 7 Días Para Cada Relación agua-cemento.



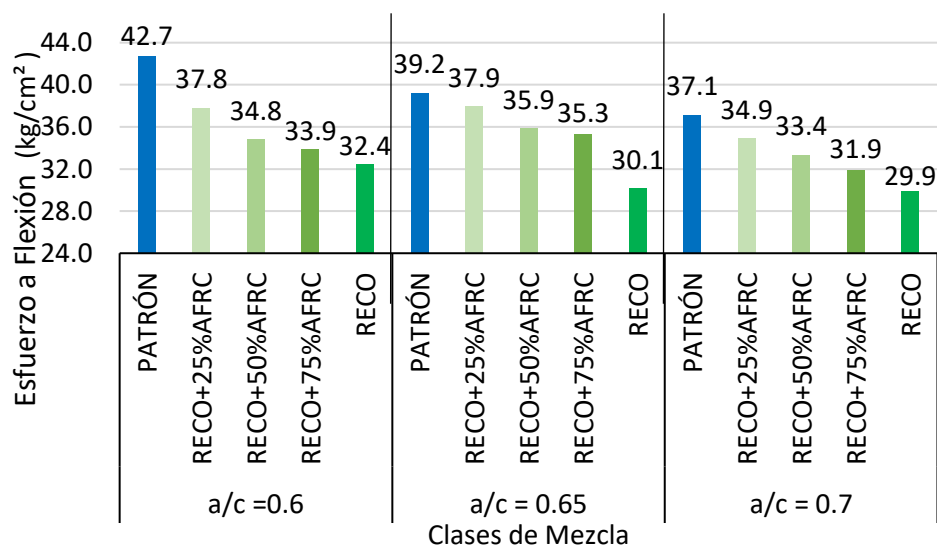
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68. Esfuerzo a la Flexión de las Clases de Mezcla a los 28 Días y Variación Porcentual Respecto a PATRÓN.

Clase de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Cemento kg/m ³	Módulo de rotura Mr (kg/cm ²) 28 días	% respecto a PATRÓN	Var. en %
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	42.7	100.0	-
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	37.8	88.5	-11.5
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	34.8	81.5	-18.5
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	33.9	79.4	-20.6
RECO	0.60/100%AFRC	391.67	32.4	76.0	-24.0
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	39.2	100.0	-
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	37.9	96.7	-3.3
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	35.9	91.4	-8.6
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	35.3	90.0	-10.0
RECO	0.65/100%AFRC	356.15	30.1	76.8	-23.2
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	37.1	100.0	-
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	34.9	94.0	-6.0
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	33.4	89.9	-10.1
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	31.9	86.0	-14.0
RECO	0.70/100%AFRC	328.57	29.9	80.5	-19.5

Fuente: Elaboración propia.

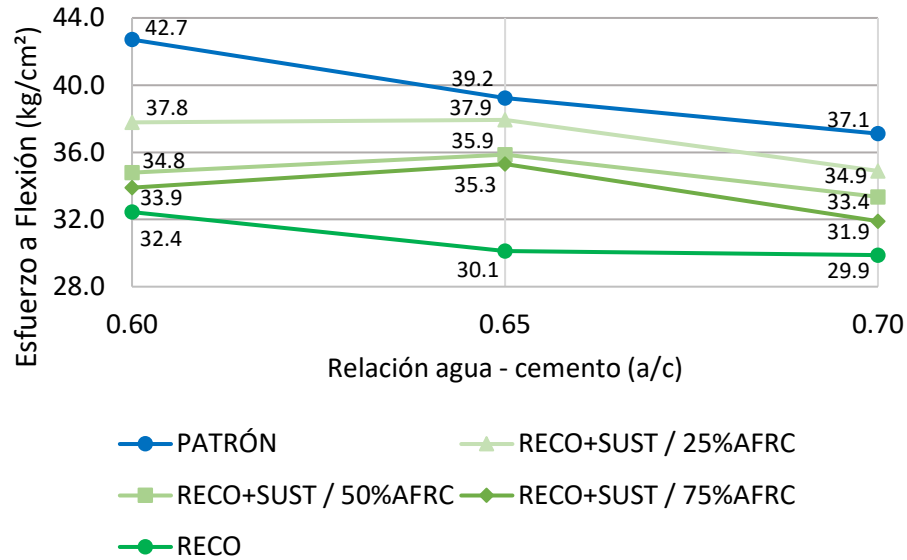
Figura 26. Esfuerzo a la Flexión de las Clases de Mezclas a los 28 Días.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en la Figura 27 el esfuerzo a la flexión a los 28 días de edad de las clases de mezcla para cada relación agua-cemento.

Figura 27. Esfuerzo a la Flexión a los 28 Días Para Cada Relación a/c.



Fuente: Elaboración propia.

6.4. Análisis comparativo de costo de materiales

El costo total de los materiales empleados en cada tipo de concreto de diseño por metro cúbico de la investigación se obtuvo a partir de la cantidad de cada componente (por metro cúbico de concreto) y del costo unitario comercial del mismo, la cual servirá para el análisis comparativo.

Tenemos que en la Tabla 69 se presenta los costos unitarios comerciales que se obtiene de proveedores donde se ha incluido el impuesto general a las ventas (IGV) y costo de transporte hasta punto de obra en Lima.

Tabla 69. Costo Unitario de Materiales en Obra Para Concreto.

Material	Unidad	Costo unitario (S/)
Cemento	Bolsa (42.5kg)	26.50
Agua	m ³	8.21
Agregado fino natural	m ³	45.21
Agregado grueso natural	m ³	49.93
Agregado fino ecológico	m ³	27.00
Aditivo superplastificante	Bidón (20lt)	240.90

Fuente: Elaboración propia.

6.4.1 Costo de mezcla de concreto PATRÓN

Se presenta en la Tabla 70 el costo de elaboración de un metro cúbico de PATRÓN, agua/cemento=0.60.

Tabla 70. Costo de Elaboración de un metro cúbico de PATRÓN,
agua/cemento=0.60.

Elemento	Und.	Cantidad	Costo unitario (S/)	Costo parcial (S/)	Total (S/)
Cemento	kg	383.3333	0.62	239.02	
Agua	m ³	0.2300	8.21	1.89	
Árido fino natural	m ³	0.3560	45.21	16.09	270.81
Árido grueso natural	m ³	0.2765	49.93	13.81	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 71 el costo de elaboración de un metro cúbico de PATRÓN, agua/cemento=0.65.

Tabla 71. Costo de Elaboración de un metro cúbico de PATRÓN,
agua/cemento=0.65.

Elemento	Und.	Cantidad	Costo unitario (S/)	Costo parcial (S/)	Total (S/)
Cemento	kg	350.7692	0.62	218.71	
Agua	m ³	0.2280	8.21	1.87	
Árido fino natural	m ³	0.3497	45.21	15.81	251.14
Árido grueso natural	m ³	0.2952	49.93	14.74	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 72 el costo de elaboración de un metro cúbico de PATRÓN, agua/cemento =0.70

Tabla 72. Costo de Elaboración de un metro cúbico de PATRÓN,
agua/cemento=0.70.

Elemento	Und.	Cantidad	Costo unitario (S/)	Costo parcial (S/)	Total (S/)
Cemento	kg	323.5714	0.62	201.76	234.66
Agua	m ³	0.2265	8.21	1.86	
Árido fino natural	m ³	0.3531	45.21	15.96	
Árido grueso natural	m ³	0.3021	49.93	15.08	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

6.4.2 Costo de mezcla de concreto RECO

Se presenta en la Tabla 73 el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO, agua/cemento=0.60.

Tabla 73. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO,
agua/cemento=0.60.

Elemento	Und.	Cantidad	Costo unitario(S/)	Costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	391.6667	0.62	244.22	269.03
Agua	m ³	0.2350	8.21	1.93	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.3626	27.00	9.79	
Árido grueso natural	m ³	0.2623	49.93	13.10	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 74 el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO, agua/cemento=0.65.

Tabla 74. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO,
agua/cemento=0.65.

Elemento	Und.	Cantidad	Costo unitario (S/)	Costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	356.1538	0.62	222.07	
Agua	m ³	0.2315	8.21	1.90	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.3653	27.00	9.86	247.54
Árido grueso natural	m ³	0.2744	49.93	13.70	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla 75 el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO, agua/cemento=0.70.

Tabla 75. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO,
agua/cemento=0.70.

Elemento	Und.	Cantidad	Costo unitario (S/)	Costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	328.5714	0.62	204.87	
Agua	m ³	0.2300	8.21	1.89	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.3836	27.00	10.36	230.42
Árido grueso natural	m ³	0.2664	49.93	13.30	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

6.4.3 Costo de mezcla de concreto RECO+SUST

En la Tabla 76 se muestra el costo para la elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.60, con 25% de sustitución de agregado fino reciclado comercial.

Tabla 76. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST,
agua/cemento=0.60 con 25% de sustitución.

Elemento	Und.	Cantidad	Costo unitario (S/)	Costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	385.4167	0.62	240.32	
Agua	m ³	0.2313	8.21	1.90	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.1020	27.00	2.75	
Árido fino natural	m ³	0.2561	45.21	11.58	270.16
Árido grueso natural	m ³	0.2725	49.93	13.61	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 77 se muestra el costo para elaboración de 1m³ de RECO+SUST, a/c=0.60, con 50% de sustitución de agregado fino reciclado comercial.

Tabla 77. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.60
con 50% de sustitución.

Elemento	Und.	Cantidad	Costo unitario (S/)	Costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	387.5000	0.62	241.62	
Agua	m ³	0.2325	8.21	1.91	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.1959	27.00	5.29	
Árido fino natural	m ³	0.1640	45.21	7.41	269.65
Árido grueso natural	m ³	0.2687	49.93	13.42	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 78 se muestra el costo de elaboración de 1m³ de RECO+SUST, a/c=0.60, con 75% de sustitución de agregado fino reciclado comercial.

Tabla 78. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST,
agua/cemento=0.60 con 75% de sustitución.

Elemento	Und.	Cantidad	costo unitario (S/)	costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	389.5833	0.62	242.92	269.28
Agua	m ³	0.2338	8.21	1.92	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.2826	27.00	7.63	
Árido fino natural	m ³	0.0789	45.21	3.57	
Árido grueso natural	m ³	0.2654	49.93	13.25	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 79 se muestra el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.65, con 25% de sustitución de agregado fino reciclado comercial.

Tabla 79. Costo de Elaboración de 1m³ de RECO+SUST, a/c=0.65 con 25% de
sustitución.

Elemento	Und.	Cantidad	costo unitario (S/)	costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	352.1231	0.62	219.56	250.07
Agua	m ³	0.2289	8.21	1.88	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.1008	27.00	2.72	
Árido fino natural	m ³	0.2533	45.21	11.45	
Árido grueso natural	m ³	0.2895	49.93	14.45	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 80 se muestra el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.65, con 50% de sustitución de agregado fino reciclado comercial.

Tabla 80. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST,
agua/cemento=0.65 con 50% de sustitución.

Elemento	Und.	Cantidad	costo unitario (S/)	costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	353.4615	0.62	220.39	
Agua	m ³	0.2298	8.21	1.89	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.1950	27.00	5.27	
Árido fino natural	m ³	0.1633	45.21	7.38	249.11
Árido grueso natural	m ³	0.2841	49.93	14.19	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 81 se muestra el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.65, con 75% de sustitución de agregado fino reciclado comercial.

Tabla 81. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.65
con 75% de sustitución.

Elemento	Und.	Cantidad	costo unitario (S/)	costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	354.8154	0.62	221.24	
Agua	m ³	0.2306	8.21	1.89	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.2830	27.00	7.64	
Árido fino natural	m ³	0.0790	45.21	3.57	248.28
Árido grueso natural	m ³	0.2791	49.93	13.94	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 82 se muestra el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.70, con 25% de sustitución de agregado fino reciclado comercial.

Tabla 82. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, $a/c=0.70$ con 25% de sustitución.

Elemento	Und.	Cantidad	costo unitario (S/)	costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	324.8286	0.62	202.54	233.47
Agua	m ³	0.2274	8.21	1.87	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.1029	27.00	2.78	
Árido fino natural	m ³	0.2584	45.21	11.68	
Árido grueso natural	m ³	0.2925	49.93	14.60	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 83 se muestra el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, $a/c=0.70$, con 50% de sustitución de agregado fino reciclado comercial.

Tabla 83. Costo de Elaboración de 1m³ de RECO+SUST, $a/c=0.70$ con 50% de sustitución.

Elemento	Und.	Cantidad	costo unitario (S/)	costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	326.0714	0.62	203.32	232.37
Agua	m ³	0.2283	8.21	1.87	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.2009	27.00	5.42	
Árido fino natural	m ³	0.1682	45.21	7.60	
Árido grueso natural	m ³	0.2834	49.93	14.15	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 84 se muestra el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, $a/c=0.70$, con 75% de sustitución de agregado fino reciclado comercial.

Tabla 84. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+SUST, a/c=0.70 con 75% de sustitución.

Elemento	Und.	Cantidad	costo unitario (S/)	costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	327.3286	0.62	204.10	231.36
Agua	m ³	0.2291	8.21	1.88	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.2944	27.00	7.95	
Árido fino natural	m ³	0.0822	45.21	3.72	
Árido grueso natural	m ³	0.2747	49.93	13.72	
Aditivo	kg	0.00	10.95	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

6.4.4 Costo de mezcla de concreto RECO+ADIT

A continuación, se muestra en la Tabla 85 el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO+ADIT, agua/cemento=0.60.

Tabla 85. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+ADIT, agua/cemento=0.60.

Elemento	Und.	Cantidad	costo unitario (S/)	costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	333.3333	0.62	207.84	259.81
Agua	m ³	0.2000	8.21	1.64	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.3925	27.00	10.60	
Árido grueso natural	m ³	0.2839	49.93	14.18	
Aditivo	kg	2.3333	10.95	25.55	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en la Tabla 86 el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO+ADIT, agua/cemento=0.65.

Tabla 86. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+ADIT,
agua/cemento=0.65.

Elemento	Und.	Cantidad	costo unitario (S/)	costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	301.5385	0.62	188.02	
Agua	m ³	0.1960	8.21	1.61	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.3945	27.00	10.65	238.19
Árido grueso natural	m ³	0.2963	49.93	14.79	
Aditivo	kg	2.1108	10.95	23.11	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en la Tabla 87 el costo de elaboración de un metro cúbico de RECO+ADIT, agua/cemento=0.70.

Tabla 87. Costo de Elaboración de un metro cúbico de RECO+ADIT,
agua/cemento=0.70.

Elemento	Und.	Cantidad	costo unitario (S/)	costo parcial (S/)	total (S/)
Cemento	kg	277.1429	0.62	172.81	
Agua	m ³	0.1940	8.21	1.59	
Árido fino reciclado comercial	m ³	0.4135	27.00	11.16	221.15
Árido grueso natural	m ³	0.2872	49.93	14.34	
Aditivo	kg	1.9400	10.95	21.24	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 88 se presenta el costo de materiales para las clases de mezclas y el esfuerzo a compresión para edades de 7 y 28 días correspondientes.

Tabla 88. Costo de Materiales y Esfuerzo a Compresión a 7 y 28 Días de las Clases de Mezclas.

Clases de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Esfuerzo a compresión 7 días	Esfuerzo a compresión 28 días	Costo SI./m ³
		kg/m ³	kg/m ³	
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	282	350	270.81
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	271	323	270.16
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	261	312	269.65
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	258	299	269.28
RECO	0.60 / 100%AFRC	256	295	269.03
RECO+ADIT	0.60 / 100%AFRC	319	369	259.81
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	263	313	251.14
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	252	300	250.07
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	231	270	249.11
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	220	262	248.28
RECO	0.65 / 100%AFRC	216	255	247.54
RECO+ADIT	0.65 / 100%AFRC	260	317	238.19
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	244	287	234.66
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	241	274	233.47
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	217	258	232.37
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	210	249	231.36
RECO	0.70 / 100%AFRC	205	236	230.42
RECO+ADIT	0.70 / 100%AFRC	225	278	221.15

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se realiza la comparación de costos de los tipos de concreto en estudio respecto de PATRÓN:

-En la relación agua/cemento = 0.60 se tiene que el costo de materiales de PATRÓN es de 270.81 soles, para el RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC y 75%AFRC tiene el valor de 270.16, 269.65 y 269.28 soles lo que representan una variación de -0.24%, -0.43% y -0.56% respectivamente respecto a PATRÓN en tanto que RECO y RECO+ADIT presenta el costo de 269.03 y 259.81 soles que simbolizan una variación porcentual de -0.66% y -4.06% respectivamente en referencia a la mezcla PATRÓN.

-En la relación agua/cemento = 0.65 se tiene que el costo de materiales de PATRÓN es de 251.14 soles, para el RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC y 75%AFRC tiene el valor de 250.07, 249.11 y 248.28 soles lo que representan una variación de -0.43%, -0.81% y -1.14% respectivamente respecto a PATRÓN en tanto que RECO y RECO+ADIT presenta el costo de 247.54 y 238.19 soles que simbolizan una variación porcentual de -1.43% y -5.16% respectivamente en referencia a la mezcla PATRÓN.

-En la relación agua/cemento = 0.70 se tiene que el costo de materiales de PATRÓN es de 234.66 soles, para el RECO+SUST con 25%AFRC, 50%AFRC y 75%AFRC tiene el valor de 233.47, 232.37 y 231.36 soles lo que representan una variación de -0.51%, -0.98% y -1.41% respectivamente respecto a PATRÓN en tanto que RECO y RECO+ADIT presenta el costo de 230.42 y 221.15 soles que simbolizan una variación porcentual de -1.81% y -5.76% respectivamente en referencia a la mezcla PATRÓN.

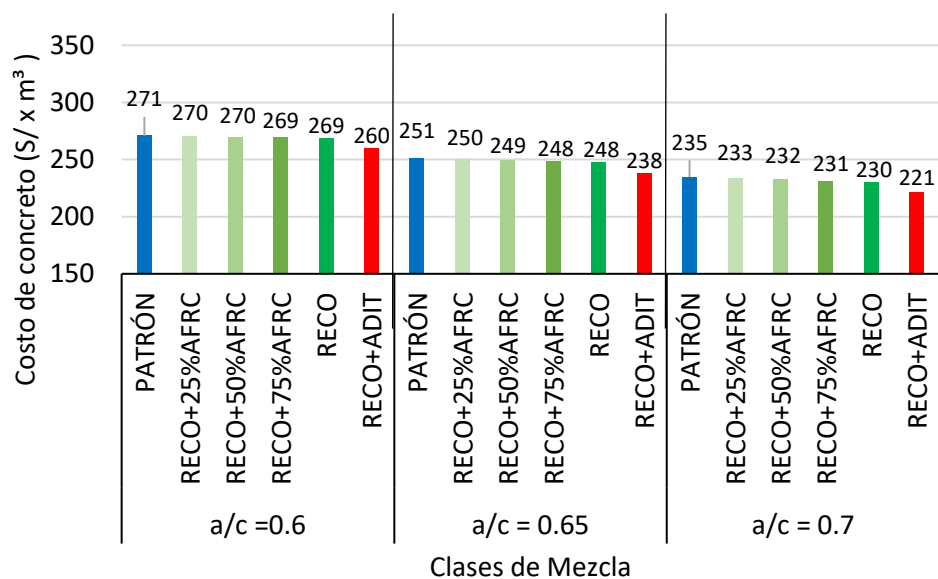
Se muestra en la Tabla 89 y Figura 28 el costo de preparación de los tipos de concreto y porcentaje de variación respecto a PATRÓN, se observa que el costo de materiales para RECO+SUST disminuye en menor medida respecto a PATRÓN para concreto con $a/c=0.60$, 0.65 y $a/c = 0.70$ conforme aumenta el porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial en el concreto, para RECO y RECO+ADIT el costo de materiales disminuye en mayor medida respecto a PATRÓN.

Tabla 89. Costo de Materiales de las Clases de Mezcla y Variación Porcentual
Respecto a PATRÓN.

Clases de Mezcla	agua/cemento / %AFRC	Costo \$/m ³	% respecto a PATRÓN	Var. en %
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	270.81	100.00	-
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	270.16	99.76	-0.24
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	269.65	99.57	-0.43
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	269.28	99.44	-0.56
RECO	0.60 / 100%AFRC	269.03	99.34	-0.66
RECO+ADIT	0.60 / 100%AFRC	259.81	95.94	-4.06
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	251.14	100.00	-
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	250.07	99.57	-0.43
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	249.11	99.19	-0.81
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	248.28	98.86	-1.14
RECO	0.65 / 100%AFRC	247.54	98.57	-1.43
RECO+ADIT	0.65 / 100%AFRC	238.19	94.84	-5.16
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	234.66	100.00	-
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	233.47	99.49	-0.51
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	232.37	99.02	-0.98
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	231.36	98.59	-1.41
RECO	0.70 / 100%AFRC	230.42	98.19	-1.81
RECO+ADIT	0.70 / 100%AFRC	221.15	94.24	-5.76

Fuente: Elaboración propia.

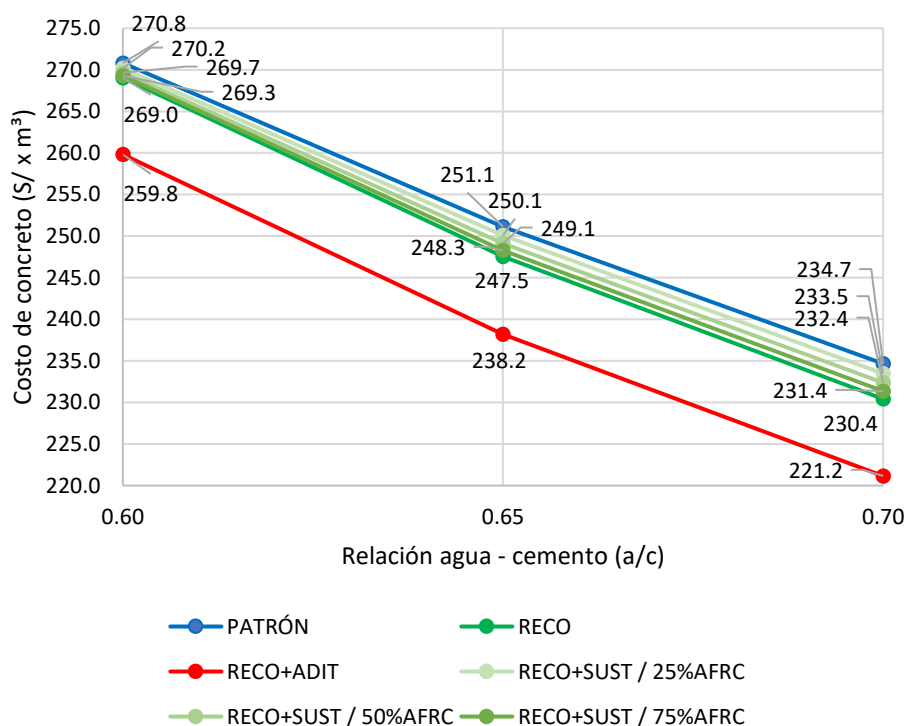
Figura 28. Costo de las Clases de Mezcla.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en la Figura 29 el precio de materiales de las clases de mezcla estudiados para cada relación agua-cemento.

Figura 29. Costo de las Clases de Mezcla Para Cada Relación a/c.



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Conclusiones generales

-En la presente investigación se estudió las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia utilizando agregado fino reciclado comercial, en porcentajes de sustitución, así como el costo de los tipos de concreto, las cuales tuvieron una significancia sobre dichas propiedades y costo.

-La variación de las propiedades del agregado fino reciclado comercial en comparación al agregado fino natural se debe principalmente a su naturaleza heterogénea y a la cantidad variable de mortero adherido a dicho agregado. Esto se evidencia en una menor densidad, gran absorción y desgaste superior por abrasión, que, al emplearse en la elaboración de concreto, las propiedades de éste suelen verse influenciadas significativamente de manera negativa.

Conclusiones del concreto fresco

-El asentamiento se mantuvo con una consistencia trabajable plástica en el rango de 3" a 4" en todos los tipos de concreto, para lo cual se varió principalmente la cantidad de agua y de cemento manteniendo la relación a/c

-El peso unitario en estado fresco varió en los tipos de concreto estudiados respecto de PATRÓN, siendo para la mezcla con 25% de agregado fino reciclado comercial una mínima disminución en promedio del 1.0% y para la mezcla con 100% de agregado fino reciclado comercial una máxima disminución en promedio del 4.8%.

-El contenido de aire en estado fresco varió en los tipos de concreto estudiados respecto de PATRÓN, siendo para la mezcla con 25% de agregado fino reciclado comercial un mínimo aumento en promedio de 105.6% y para la mezcla con 100% de agregado fino reciclado comercial un máximo aumento en promedio de 188.8%.

-La exudación varió en los tipos de concreto estudiados respecto de PATRÓN, siendo para la mezcla con 50% de agregado fino reciclado comercial una mínima disminución en promedio del 5.0% y para la mezcla con 100% de agregado fino reciclado comercial con aditivo una máxima disminución en promedio del 100.0%

-El tiempo de fragua varió en los tipos de concreto estudiados respecto de PATRÓN, siendo para la mezcla con 25% de agregado fino reciclado comercial el

tiempo de fragua inicial de mínima disminución en promedio del 2.3% mientras que el tiempo de fragua final de mínima disminución del 2.4% y para la mezcla con 100% de agregado fino reciclado comercial el tiempo de fragua inicial de máxima disminución en promedio es del 11.2% mientras que el tiempo de fragua final de máxima disminución es del 12.5%.

Conclusiones del concreto endurecido

- En general, con la sustitución de agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial, la resistencia a compresión tuvo una tendencia de disminución. La menor disminución de resistencia a compresión (5.4%) se encontró con 25% de agregado fino reciclado comercial y el aumento de resistencia a compresión (1.2%) se encontró con la mezcla con aditivo.
- En general, con la sustitución de agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial, la resistencia a tracción tuvo una tendencia de disminución. La menor disminución de resistencia a tracción (4.5%) se encontró con 25% de agregado fino reciclado comercial y la mayor disminución de resistencia a tracción (20.4%) se encontró con la mezcla con 100% de agregado fino reciclado comercial.
- En general, con la sustitución de agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial, la resistencia a flexión tuvo una tendencia de disminución. La menor disminución de resistencia a flexión (6.9%) se encontró con 25% de agregado fino reciclado comercial y la mayor disminución de resistencia a flexión (22.2%) se encontró con la mezcla con 100% de agregado fino reciclado comercial.

Conclusiones del costo

- En general, con la sustitución de agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial, el costo tuvo una tendencia de disminución. La menor disminución de costo (0.4%) se encontró con 25% de agregado fino reciclado comercial y la mayor disminución de costo (5.0%) se encontró con la mezcla con aditivo

En general finalmente concluimos que para RECO+SUST y RECO se tiene una reducción de la calidad del concreto endurecido expresados en las variaciones porcentuales negativas de sus propiedades mecánicas respecto de PATRÓN y en

mínima medida para RECO+ADIT inclusive superando respecto de PATRÓN, en todos los casos superando los requerimientos mínimos de esfuerzo de resistencia a compresión de un concreto estructural de la NTP E.060 que indica un valor mínimo de 17 MPa, es decir, **se puede usar** en elementos constructivos no estructurales tales como veredas, unidades de albañilería no expuestas a humedad, pavimentos de bajo tránsito, muros de contención o relleno sin elementos estructurales, para el caso de uso estructural, se debe tener en cuenta las consideraciones específicas de proyecto, donde, dados los resultados de resistencia de la investigación, se sugiere el empleo del concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial no mayor al 25% del mismo, debido a que ese valor las propiedades mecánicas del concreto no varían sustancialmente quedando en verificación principalmente el aspecto de la durabilidad del concreto.

Recomendaciones

-La industria de la construcción en Perú está a la vanguardia de la concientización del cuidado medioambiental; la empresa CONSTRUCCIONES ECOLÓGICAS en su abanico de productos comerciales de origen reciclado para Lima, dio resultados importantes de aspectos de resistencia de concreto usando agregado fino reciclado comercial, es por ello que se recomienda seguir la línea de investigación del concreto empleando agregados finos reciclados comerciales estudiando la durabilidad del concreto así como el comportamiento en elementos prefabricados con concreto, entre otros.

-Se recomienda, que debido a la gran absorción del agregado fino reciclado comercial, una pre saturación parcial en la mezcladora con una parte de la cantidad de agua de mezcla de concreto, antes del vaciado del cemento, con la finalidad de mejorar la consistencia del concreto en el tiempo y disminuir el tiempo de mezclado.

-Se recomienda emplear la información de la presente investigación para realizar estimaciones preliminares en cuanto a rango de resistencia a la compresión a partir de una relación agua-cemento correspondiente para concretos empleando agregado fino reciclado comercial.

-Se recomienda ensayos de durabilidad, capilaridad, adherencia al acero de refuerzo, entre otros, para el uso estructural del concreto con agregado fino reciclado comercial.

-Se recomienda que el tiempo de mezclado del concreto con agregado fino reciclado comercial no sea prolongado para evitar la generación finos de mortero adherido al agregado fino reciclado comercial.

-En cuanto a comparables de costo y resistencias del concreto con agregado fino reciclado comercial, se encuentran en rangos aceptables de valoración de variación no significativa respecto a un concreto con agregados naturales por lo que se recomienda el empleo para concreto en porcentaje de sustitución de hasta 25% de agregado fino reciclado comercial.

Referencias bibliográficas

- Abanto, F. (2017). *Tecnología del concreto* (3a ed.). Editorial San Marcos.
<https://editorialsanmarcos.com/producto/tecnologia-del-concreto/>
- American Concrete Institute Committee 211 (1991). *ACI 211.1: Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete* (91st edition). American Concrete Institute.
<https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/5092>
- Asociación Española de Ingeniería Estructural (2006). *Monografía M-11: Utilización de árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural* (Ed.). ATC – ACHE. http://e-ache.com/modules/oledrion/product.php?product_id=29
- Burgos, D., Guzmán, A., y Torres, N. (2019). Desempeño mecánico y durable de concretos que incorporan agregado reciclado fino comercial. *Revista EIA*, 16(32), 167-179.
<https://doi.org/10.24050/reia.v16i32.1210>
- Consejo Mundial Empresarial Para El Desarrollo Sostenible. Iniciativa Para La Sostenibilidad Del Cemento (2009). *Reciclando Concreto* (Ed.). WBCSD. https://docs.wbcsd.org/2009/06/e-CSI_Recycling_Concrete_Spanish.pdf
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Ed.). McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2021). *AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones. 5ª Edición* (NTP 400.037).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2021). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo. 4ª Edición* (NTP 400.012).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2020). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos. 3ª Edición* (NTP 400.011).

- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2020). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 4ª Edición* (NTP 400.017).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2021). *CEMENTOS. Aditivos químicos para concreto. Especificaciones. 4ª Edición* (NTP 334.088).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2023). *CEMENTOS. Cementos Pórtland. Requisitos. 9ª Edición* (NTP 334.009).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2021). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento hidráulico. Especificaciones. 4ª Edición* (NTP 339.088).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2023). *CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados. 5ª Edición* (NTP 339.047).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2020). *CONCRETO. Determinación de la exudación del concreto. Métodos de ensayo. 4ª Edición* (NTP 339.077).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2021). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. 5ª Edición* (NTP 339.034).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2022). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos. Método de ensayo. 4ª Edición* (NTP 339.078).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2022). *CONCRETO. Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de Ensayo. 5ª Edición* (NTP 339.035).

- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2022). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. 4ª Edición* (NTP 339.084).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2019). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 3ª Edición* (NTP 339.046).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2017). *CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión. 3ª Edición* (NTP 339.080).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2017). *CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 4ª Edición* (NTP 339.082).
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (1999). *MANEJO DE RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN. Reciclaje de concreto de demolición. 1ª Edición* (NTP 400.053)
- López-Yépez, L., Bermúdez, R., Uribe-Celiz, S., Ospina-Lozano, S. y Vázquez-Rodríguez, F. (2020). Factibilidad del reemplazo de agregados finos reciclados de demolición en las propiedades físicas de concreto estructural. *Ingenierías*, 23(86), 35-48. <https://doi.org/10.29105/ingenierias23.86-5>
- Palomino, V. y Barreto, K. (2014). *Influencia del agregado de concreto reciclado fino en las propiedades mecánicas y de resistencia de un concreto hidráulico de alta resistencia*. [Trabajo de pregrado, Universidad de la Salle]. Ciencia Unisalle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/cc2e307c-7815-49da-862a-9f1ff3b7d622/full>
- Ponce, C. (2014). *Estudio del concreto reciclado de mediana a baja resistencia, utilizando cemento portland tipo I*. [Tesis de pregrado,

Universidad Nacional de Ingeniería]. Alicia.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_5af3e8a8e6bb92e19de83bd47092d0f7

Rivva, E. (2019). *Diseño de Mezclas (4a ed.)*. Imprenta Williams E.I.R.L.

Sumari, J. (2016). *Estudio del concreto de mediana a alta resistencia elaborado con residuos de concreto y cemento portland tipo I*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Alicia.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_fb622195c0c77df47e5411f148537f29

Anexos

Anexo A. Agregados.....	125
Anexo B. Dosificación de mezcla.....	143
Anexo C. Concreto en estado fresco	202
Anexo D. Concreto en estado endurecido.....	239
Anexo E. Matriz de operacionalización	314
Anexo F. Fichas técnicas.....	315
Anexo G. Panel fotográfico	320

ANEXO A. Agregados**ANEXO A 1. Peso unitario de agregados****Tabla A 1 . Peso Unitario Suelto de Agregado Fino Natural**

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	6.26	6.27	6.27
Peso del recipiente (B)	kg	1.57	1.57	1.57
Peso de la muestra (A-B)	kg	4.69	4.70	4.70
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/10$ (V)	m ³	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario suelto (A-B)/V	kg/m ³	1656.472	1660.534	1658.503
Promedio de peso unitario suelto	kg/m³	1658.50		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 2. Peso Unitario Compactado de Agregado Fino Natural

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	6.62	6.65	6.68
Peso del recipiente (B)	kg	1.57	1.57	1.57
Peso de la muestra (A-B)	kg	5.05	5.07	5.11
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/10$ (V)	m ³	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario compactado (A-B)/V	kg/m ³	1782.889	1791.728	1803.982
Promedio de peso unitario compactado	kg/m³	1792.87		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 3. Peso Unitario Suelto de Agregado Grueso Natural

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	17.82	17.82	17.82
Peso del recipiente (B)	kg	4.34	4.34	4.34
Peso de la muestra (A-B)	kg	13.48	13.48	13.48
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/3$ (V)	m ³	0.00944	0.00944	0.00944
Peso unitario suelto (A-B)/V	kg/m ³	1428.371	1428.371	1427.841
Promedio de peso unitario suelto	kg/m³	1428.19		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 4. *Peso Unitario Compactado de Agregado Grueso Natural*

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	19.03	19.02	19.03
Peso del recipiente (B)	kg	4.34	4.34	4.34
Peso de la muestra (A-B)	kg	14.69	14.68	14.69
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/3$ (V)	m ³	0.00944	0.00944	0.00944
Peso unitario compactado (A-B)/V	kg/m ³	1556.564	1555.504	1556.034
Promedio de peso unitario compactado	kg/m³	1556.03		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 5. *Peso Unitario Suelto de Agregado Fino Reciclado Comercial*

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	5.17	5.20	5.19
Peso del recipiente (B)	kg	1.57	1.57	1.57
Peso de la muestra (A-B)	kg	3.6	3.62	3.62
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/10$ (V)	m ³	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario suelto (A-B)/V	kg/m ³	1271.542	1280.123	1276.839
Promedio de peso Unitario Suelto	kg/m³	1276.17		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 6. *Peso Unitario Compactado de Agregado Fino Reciclado Comercial*

Descripción	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra + recipiente (A)	kg	5.61	5.63	5.59
Peso del recipiente (B)	kg	1.57	1.57	1.57
Peso de la muestra (A-B)	kg	4.04	4.06	4.02
Volumen del recipiente $1\text{pie}^3/10$ (V)	m ³	0.00283	0.00283	0.00283
Peso unitario compactado (A-B)/V	kg/m ³	1426.538	1432.189	1419.193
Promedio de peso Unitario Suelto	kg/m³	1425.97		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 7. Peso Unitario de Agregados Naturales y Agregado Reciclado

Detalle	Und	Agregados Naturales		Agregado Reciclado
		Fino	Grueso	Fino
Peso unitario suelto	kg/m ³	1659	1428	1276
Peso unitario compactado	kg/m ³	1793	1556	1426

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 2. Peso específico y absorción

Tabla A 8. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino Natural

Detalle	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la arena superficialmente seca	gr	500.00	500.00	500.00
Peso de la arena superficialmente seca + peso de balón + peso del agua	gr	1007.10	1007.30	1007.60
Peso del balón	gr	193.20	193.20	193.20
Peso del agua (W)	gr	313.90	314.10	314.40
Peso de la arena seca al horno (A)	gr	495.50	497.30	496.50
Volumen del balón (V)	cm ³	500.00	500.00	500.00
Peso específico de masa A/(V-W)	gr/cm ³	2.6625	2.6751	2.6751
Peso específico de masa superficialmente seco (500/(V-W))	gr/cm ³	2.6867	2.6896	2.6940
Peso específico aparente A/(V-W)-(500-A)	gr/cm ³	2.7285	2.7145	2.7265
Porcentaje de absorción (500-A)X100/A	%	0.91	0.54	0.70
Prom. del peso específico de masa	gr/cm³	2.6709		
Prom. del peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm³	2.6901		
Prom. del peso aparente	gr/cm³	2.7232		
Prom. del porcentaje de absorción	%	0.7187		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 9. *Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso Natural*

Detalle	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 3	Muestra N.º 4
Peso de la muestra secada al horno (A)	gr	3970.10	3968.00	3973.00
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	gr	4000.00	4000.90	4001.50
Peso de la muestra satura en agua + peso de la canastilla	gr	3404.30	3398.40	3403.90
Peso de la canastilla 7cm	gr	874.60	874.60	874.60
Peso de la muestra saturada en agua (C)	gr	2529.70	2523.80	2529.30
Peso específico de masa A/(B-C)	gr/cm ³	2.70	2.69	2.70
Peso específico de masa superficialmente seco B/(B-C)	gr/cm ³	2.72	2.71	2.72
Peso específico aparente A/(A-C)	gr/cm ³	2.76	2.75	2.75
Porcentajes de absorción (B-A)x100/A	%	0.75	0.83	0.72
Prom. del peso específico de masa	gr/cm³		2.6951	
Prom. del peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm³		2.7157	
Prom. del peso aparente	gr/cm³		2.7519	
Prom. del porcentaje de absorción	%		0.7665	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 10. *Peso Específico y Absorción del Agregado Fino Reciclado Comercial*

Detalle	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la arena superficialmente seca	gr	500.00	500.00	500.00
Peso de la arena superficialmente seca + peso de balón + peso del agua	gr	986.10	983.90	985.50
Peso del balón	gr	193.20	193.20	193.20
Peso del agua (W)	gr	292.90	290.70	292.30
Peso de la arena seca al horno (A)	gr	466.30	463.30	466.10
Volumen del balón (V)	cm ³	500.00	500.00	500.00
Peso específico de masa A/(V-W)	gr/cm ³	2.2516	2.2136	2.2441
Peso específico de masa superficialmente seco (500/(V-W))	gr/cm ³	2.4143	2.3839	2.4073
Peso específico aparente A/(V-W)-(500-A)	gr/cm ³	2.6892	2.6842	2.6818
Porcentaje de absorción (500-A)X100/A	%	7.23	7.92	7.27
Prom. del peso específico de masa	gr/cm³		2.2364	
Prom. del peso específico de masa superficialmente seco	gr/cm³		2.4035	
Prom. del peso aparente	gr/cm³		2.6851	
Prom. del porcentaje de absorción	%		7.4739	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 11. *Peso específico y Absorción de Agregados Naturales y Agregado Reciclado*

Detalle	Und	Agregados Naturales		Agregado Reciclado
		Fino	Grueso	Fino
Peso específico de masa	kg/m ³	2671	2695	2236
Peso específico de masa s.s.s.	kg/m ³	2690	2716	2404
Peso específico aparente	kg/m ³	2723	2752	2685
Porcentaje de absorción	%	0.72	0.77	7.47

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 3. Contenido de humedad

Tabla A 12. *Contenido de Humedad de Agregado Fino Natural*

Detalle	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra en estado ambiental (Wh)	g	500.80	500.10	500.30
peso de la muestra seca al horno (Ws)	g	485.70	484.10	483.10
Peso de agua perdida (Wh-Ws)	g	15.10	16.00	17.20
Contenido de Humedad (Wh-Ws)x100/Ws	%	3.11	3.31	3.56
Promedio de contenido de humedad	%		3.32	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 13. *Contenido de Humedad de Agregado Grueso Natural*

Detalle	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra en estado ambiental (Wh)	g	4001.60	4000.80	4008.80
peso de la muestra seca al horno (Ws)	g	3989.70	3985.70	3989.60
Peso de agua perdida (Wh-Ws)	g	11.90	15.10	19.20
Contenido de Humedad (Wh-Ws)x100/Ws	%	0.30	0.38	0.48
Promedio de contenido de humedad	%		0.39	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 14. *Contenido de Humedad de Agregado Fino Reciclado Comercial*

Detalle	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra en estado ambiental (Wh)	g	501.00	500.10	500.50
peso de la muestra seca al horno (Ws)	g	456.60	458.80	458.80
Peso de agua perdida (Wh-Ws)	g	44.40	41.30	41.70
Contenido de humedad (Wh-Ws)/Ws	%	9.72	9.00	9.09
Promedio de contenido de humedad	%	9.27		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 15. *Contenido de Humedad de Agregados Naturales y Agregado Reciclado*

Detalle	Und	Agregados Naturales		Agregado reciclado
		Fino	Grueso	Fino
Contenido de humedad	%	3.32	0.39	9.27

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 4. Granulometría

Tabla A 16. Análisis Granulométrico del Agregado Fino Natural

Tamiz	Peso retenido muestra N° 1 (gr)	Peso retenido muestra N° 2 (gr)	Peso retenido muestra N° 3 (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	100
N° 4	17.80	14.00	16.40	48.20	2.83	2.83	97.17
N° 8	98.80	95.80	87.90	282.50	16.60	19.43	80.57
N° 16	155.50	151.40	114.50	421.40	24.76	44.19	55.81
N° 30	148.50	142.00	111.10	401.60	23.60	67.79	32.21
N° 50	103.20	105.70	90.20	299.10	17.57	85.36	14.64
N° 100	51.60	56.10	48.50	156.20	9.18	94.54	5.46
Fondo	25.40	35.60	31.90	92.90	5.46	100	0
Total	600.80	600.60	500.50	1701.90	-	-	-

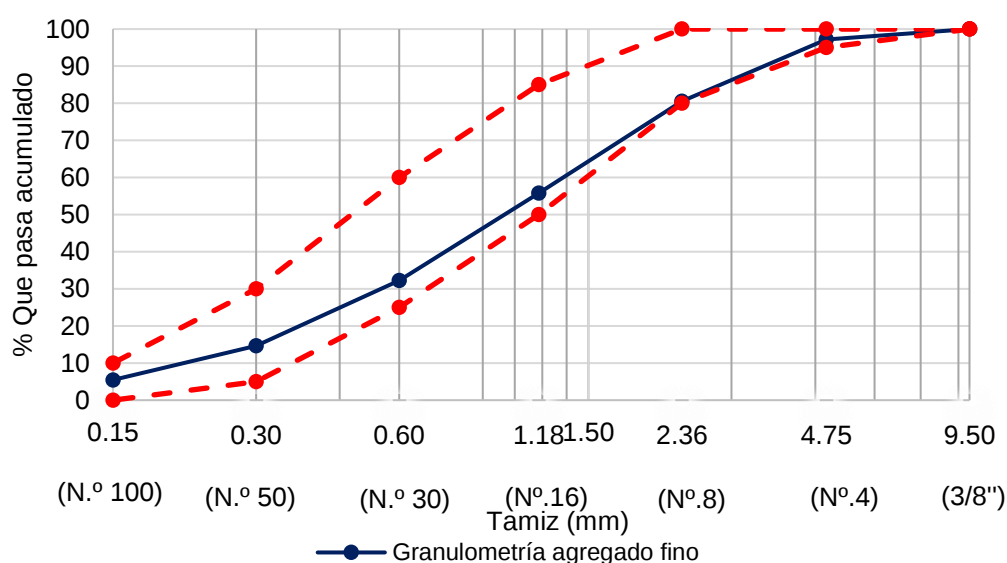
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 17. Análisis Granulométrico del Agregado Fino Natural vs Huso

Tamiz	Abertura (mm)	% de límite de huso	% que pasa acumulado
3/8"	9.50	100	100.00
N° 4	4.75	95	97.17
N° 8	2.36	80	80.57
N° 16	1.18	50	55.81
N° 30	0.60	25	32.21
N° 50	0.30	5	14.64
N° 100	0.15	0	5.46
Fondo	0.00	-	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 1. Curva Granulométrica del Agregado Fino Natural



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 18. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso Natural

Tamiz	Peso retenido muestra N°. 1 (gr)	Peso retenido muestra N°. 2 (gr)	Peso retenido muestra N°. 3 (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	100
1"	660.70	594.60	399.30	1454.60	4.85	4.85	95.15
3/4"	5458.80	5234.80	5482.40	16176.00	53.92	58.77	41.23
1/2"	3609.30	4031.90	3853.90	11495.10	38.32	97.09	2.91
3/8"	219.80	303.40	233.20	756.40	2.52	99.62	0.38
N° 4	33.10	22.10	18.00	73.20	0.24	99.86	0.14
Fondo	18.20	12.80	11.20	42.20	0.14	100.00	0.00
Total	9999.90	9999.60	9998.00	29997.50	-	-	-

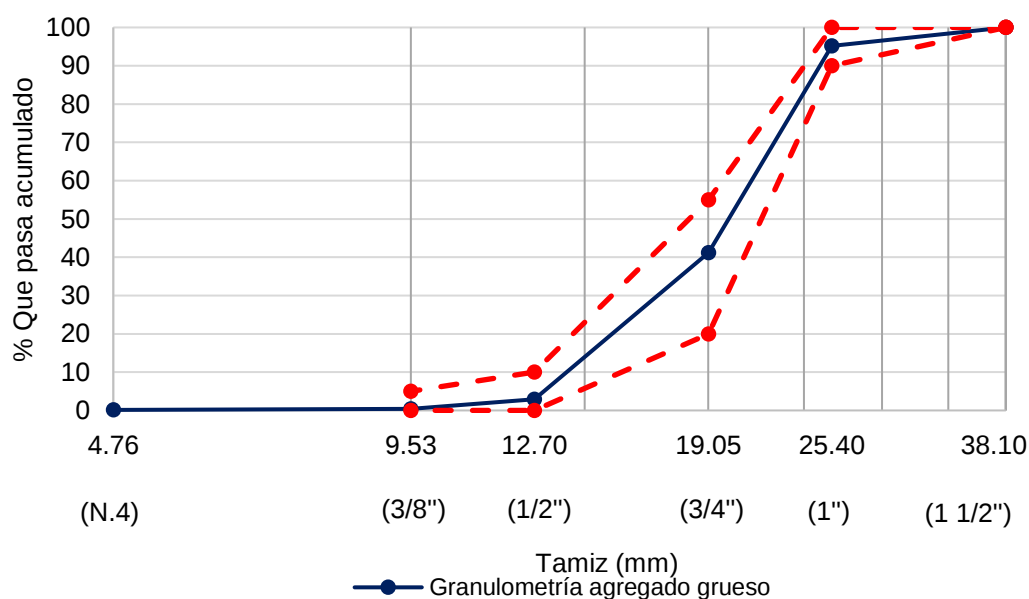
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 19. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso Natural vs Huso

Tamiz	Abertura (mm)	% de límite de huso 5 NTP	% que pasa acumulado
1 1/2"	38.10	100	100.00
1"	25.40	90	95.15
3/4"	19.05	20	41.23
1/2"	12.70	0	2.91
3/8"	9.53	0	0.38
N° 4	4.76	-	0.14
Fondo	0.00	-	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 2. Curva Granulométrica del Agregado Grueso Natural vs Huso 5



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 20. Análisis Granulométrico de Agregado Fino Reciclado Comercial

Tamiz	Peso retenido muestra N° 1 (gr)	Peso retenido muestra N° 2 (gr)	Peso retenido muestra N° 3 (gr)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa acumulado
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	100
N.º 4	0.80	0.90	1.30	3.00	0.17	0.17	99.83
N.º 8	60.50	43.30	51.70	155.50	8.61	8.78	91.22
N.º 16	165.60	152.00	176.60	494.20	27.37	36.15	63.85
N.º 30	153.20	150.60	139.10	442.90	24.53	60.69	39.31
N.º 50	97.00	113.10	103.10	313.20	17.35	78.04	21.96
N.º 100	65.50	75.90	67.60	209.00	11.58	89.61	10.39
Fondo	58.80	66.00	62.70	187.50	10.39	100	0.00
Total	601.40	601.80	602.10	1805.30	-	-	-

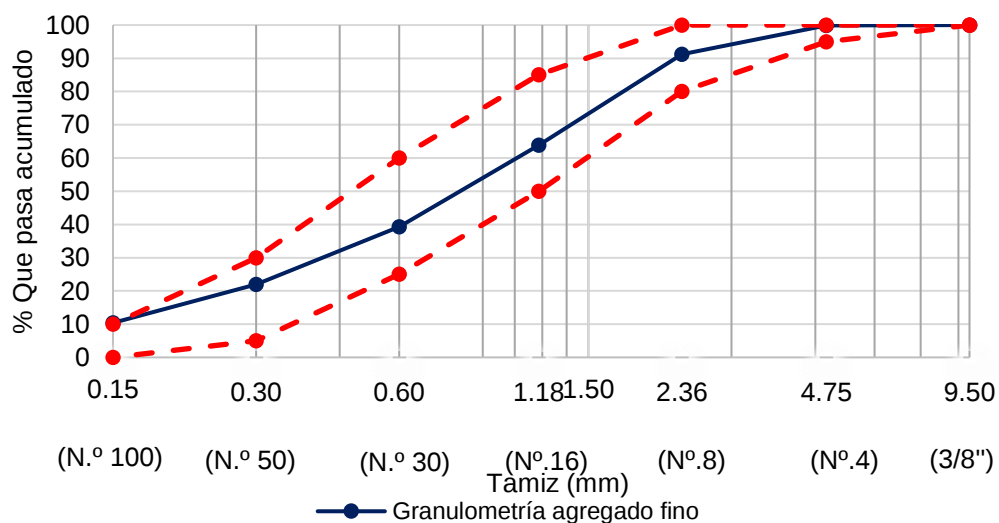
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 21. Análisis Granulométrico del Agregado Fino Reciclado Comercial vs Huso.

Tamiz	Abertura (mm)	% de límite de huso NTP	% que pasa acumulado
3/8"	9.50	100	100.00
N.º 4	4.75	95	99.83
N.º 8	2.36	80	91.22
N.º 16	1.18	50	63.85
N.º 30	0.60	25	39.31
N.º 50	0.30	5	21.96
N.º 100	0.15	0	10.39
Fondo	0.00	-	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 3. Curva Granulométrica del Agregado Fino Reciclado Comercial.



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 5. Módulo de finura

Para el cálculo del MF se parte de la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de agregados.

$$MF = \sum \frac{\%(3''+1\ 1/2'' + 3/4'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

Tabla A 22. MF de Agregado Fino Natural

Tamiz	% Retenido acumulado
3/8"	0.00
Nº 4	2.83
Nº 8	19.43
Nº 16	44.19
Nº 30	67.79
Nº 50	85.36
Nº 100	94.54
Suma	314.15
MF	3.14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 23. MF de Agregado Grueso Natural

Tamiz	% Retenido acumulado
1 1/2"	0.00
3/4"	58.77
3/8"	99.62
Nº 4	99.86
Nº 8	100.00
Nº 16	100.00
Nº 30	100.00
Nº 50	100.00
Nº 100	100.00
Suma	758.25
MF	7.58

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 24. MF de Agregado Fino Reciclado Comercial

Tamiz	% Retenido acumulado
3/8"	0.00
N.º 4	0.17
N.º 8	8.78
N.º 16	36.15
N.º 30	60.69
N.º 50	78.04
N.º 100	89.61
Suma	273.44
MF	2.73

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 25. MF de Agregados Naturales y Reciclado Comercial

Detalle	Und	Agregados Naturales		Agregado Reciclado Comercial
		Fino	Grueso	Fino
Módulo de Finura MF	-	3.14	7.58	2.73

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 6. Superficie específica

Tabla A 26. Superficie Específica de Arena natural

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido (A)	Diámetro medio (B) (cm)	Superficie específica por Tamiz (A/B)
1/2"	12.7	-	-	-	-
3/8"	9.5	0.00	0.00	1.110	0.00
Nº 4	4.76	48.20	2.83	0.713	3.97
Nº 8	2.38	282.50	16.60	0.357	46.50
Nº 16	1.19	421.40	24.76	0.179	138.71
Nº 30	0.595	401.60	23.60	0.089	264.39
Nº 50	0.297	299.10	17.57	0.045	394.05
Nº 100	0.149	156.20	9.18	0.022	411.57
Suma de las superficies específicas (S) (1/cm)					1259.19
Gravedad específica (G) (gr/cm ³)					2.67
Superficie específica (Sx0.06/G) (cm²/gr)					28.29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 27. Superficie Específica Piedra Natural

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido (A)	Diámetro medio (B) (cm)	Superficie específica por Tamiz (A/B)
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	-	-
1"	25.4	1454.60	4.85	3.175	1.53
3/4"	19	16176.00	52.92	2.220	24.29
1/2"	12.7	11495.10	38.32	1.585	24.18
3/8"	9.5	756.40	2.52	1.110	2.27
Nº 4	4.76	73.20	0.24	0.713	0.34
Suma de las superficies específicas (S) (1/cm)					52.61
Gravedad específica (G) (gr/cm ³)					2.70
Superficie específica (Sx0.06/G) (cm²/gr)					1.17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 28. Superficie Específica Agregado Fino Reciclado Comercial

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido (A)	Diámetro medio (B) (cm)	Superficie específica por Tamiz (A/B)
1/2"	12.7	-	-	-	-
3/8"	9.5	0.00	0.00	1.110	0.00
Nº 4	4.76	3.00	0.17	0.713	0.23
Nº 8	2.38	155.50	8.61	0.357	24.13
Nº 16	1.19	494.20	27.37	0.179	153.36
Nº 30	0.595	442.90	24.53	0.089	274.88
Nº 50	0.297	313.20	17.35	0.045	388.99
Nº 100	0.149	209.00	11.58	0.022	519.15
Suma de las superficies específicas (S) (1/cm)					1360.74
Gravedad específica (G) (gr/cm ³)					2.24
Superficie específica (Sx0.06/G) (cm²/gr)					36.51

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 29. Superficie Específica de Agregados Naturales y Reciclado Comercial

Detalle	Und	Agregados Naturales		Agregado Reciclado Comercial
		Fino	Grueso	Fino
Superficie específica	cm ² /gr	28.29	1.17	36.51

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 7. Material más fino que pasa la malla N.º 200

Tabla A 30. *Contenido de Finos que Pasa la Malla N.º 200 de Arena Natural*

Detalle	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra seca al horno (A)	Gr	500	300	500
Peso de la muestra seca al horno después de lavada (B)	Gr	485.40	486.10	484.00
Peso de la muestra perdida (A-B)	Gr	14.60	13.90	16.00
Contenido de finos (A-B)*100/A	%	2.92	2.78	3.20
Prom. de porcentaje del contenido de finos	%	2.97		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 31. *Contenido de Finos que Pasa la Malla N.º 200 del Agregado Fino Reciclado Comercial*

Detalle	Unidad	Muestra N.º 1	Muestra N.º 2	Muestra N.º 3
Peso de la muestra seca al horno (A)	Gr	500	500	500
Peso de la muestra seca al horno después de lavada (B)	Gr	478.60	480.00	476.80
Peso de la muestra perdida (A-B)	Gr	21.40	20.00	23.20
Contenido de finos (A-B)*100/A	%	4.28	4.00	4.64
Prom. de porcentaje del contenido de finos	%	4.31		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 32. *Contenido de Finos que Pasa la Malla N.º 200 de Agregados Naturales y Ecológicos*

Detalle	Und	Agregados Naturales	Agregado Reciclado Comercial
		Fino	Fino
Porcentaje de material más fino que pasa la malla N.º 200	%	2.97	4.31

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO A 8. Resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles

Tabla A 33. Consideraciones de Ensayo de Desgaste por Abrasión e Impacto de Piedra Natural

Detalle	unidad	
Tipo de gradación	-	A
N.º de esferas	und	12
Masa de carga	gr	5000
N.º de revoluciones	cant	500

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 34. Determinación de Muestras para Ensayo de Desgaste por Abrasión e Impacto de Piedra Natural

Tamices		Muestra (gr)	Límites de gradación A
Pasa	Retenido		
1 1/2"	1"	1251.2	1250 ± 25
1"	3/4"	1250.4	1250 ± 25
3/4"	1/2"	1255.8	1250 ± 25
1/2"	3/8"	1250.1	1250 ± 25
Peso total		5007.6	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 35. Desgaste por Abrasión en la máquina de los Ángeles de Piedra Natural

ID	Detalle	Und	
1	Tipo de gradación	-	A
2	Peso seco inicial	gr	5007.6
3	Peso luego del proceso de abrasión	gr	4389.5
4	Pérdida de peso (2-3)	gr	618.1
Porcentaje de desgaste (2-3)x100/2		%	12.34

Fuente: Elaboración propia.

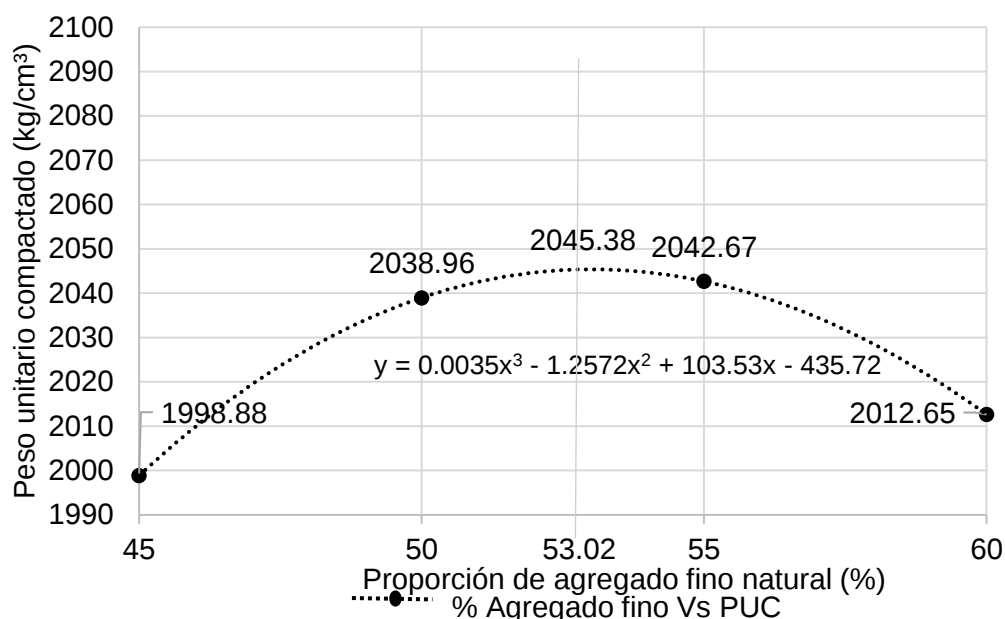
ANEXO A 9. Máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados

Tabla A 36. PUC de la Combinación de Agregados Naturales

Detalle	Unidad	Muestras definidas por porcentaje de agregados			
Agregado fino	%	45	50	55	60
Agregado grueso	%	55	50	45	40
Muestra N.º 1 + recipiente	kg	23.23	23.57	23.62	23.34
Muestra N.º 2 + recipiente	kg	23.18	23.60	23.63	23.33
Muestra N.º 3 + recipiente	kg	23.21	23.59	23.62	23.34
Promedio de Muestra + recipiente (A)	kg	23.21	23.58	23.68	23.34
Peso de recipiente (B)	kg	4.34	4.34	4.34	4.34
Peso promedio de muestra (A-B)	kg	18.87	19.25	19.28	19.00
Volumen de recipiente 1/3pie ³ (C)	m ³	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094
Peso unitario compactado (A-B)/C	kg/m ³	1998.88	2038.96	2042.67	2012.65

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 4. PUC de la Combinación de Agregados Naturales vs Porcentaje de Arena Natural



Fuente: Elaboración propia.

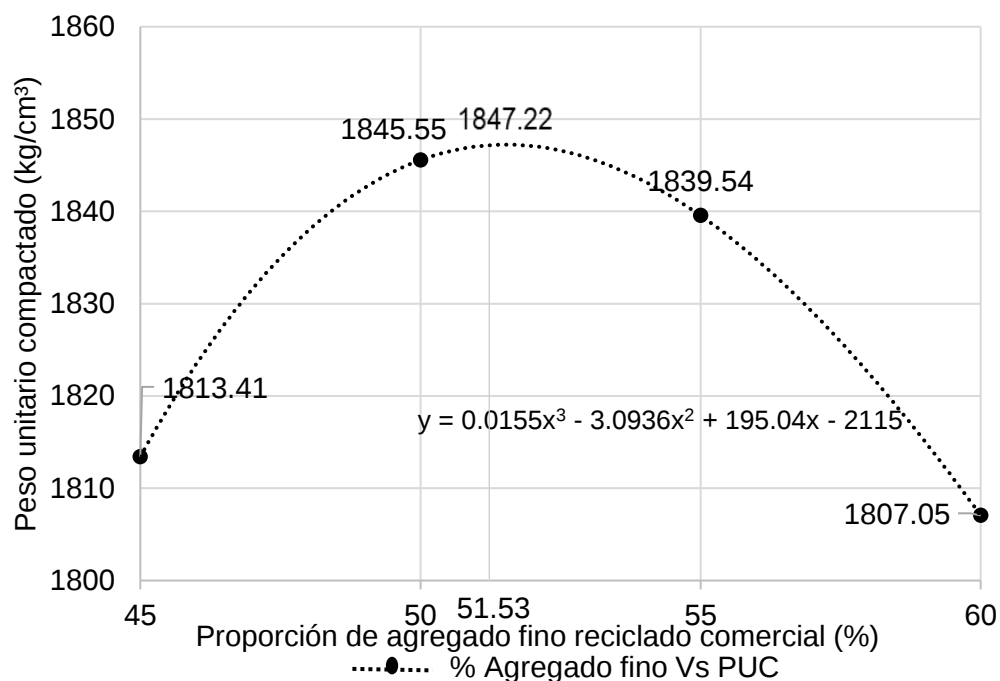
Tabla A 37. PUC de la Combinación de Agregado Natural y Reciclado

Detalle	Unidad	Muestras por porcentaje de agregados			
Agregado fino	%	45	50	55	60
Agregado grueso	%	55	50	45	40
Muestra N.º 1 + recipiente	kg	21.19	21.67	21.6	21.36
Muestra N.º 2 + recipiente	kg	21.70	21.73	21.76	21.38
Muestra N.º 3 + recipiente	kg	21.51	21.91	21.78	21.48
Promedio de Muestra + recipiente (A)	kg	21.47	21.77	21.71	21.41
Peso de recipiente (B)	kg	4.35	4.35	4.35	4.35
Peso promedio de muestra (A-B)	kg	17.12	17.42	17.36	17.06
Volumen de recipiente 1/3pie³ (C)	m³	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094
Peso unitario compactado (A-B)/C	kg/m³	1813.41	1845.55	1839.54	1807.05

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 5. PUC de la Combinación de Agregado Natural y Reciclado vs Porcentaje de Agregado

Fino Reciclado Comercial



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 38. *Máximo PUC de la Combinación de Agregado Natural y Reciclado Comercial*

Detalle	Und	Agregados Naturales		Agregado Reciclado y Natural	
		Fino Natural	Grueso Natural	Fino Reciclado	Grueso Natural
Porcentaje de agregados	%	53.02	46.98	51.53	48.47
Máximo PUC de la combinación de agregados	kg/m ³	2045.38		1847.22	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B. Dosificación de mezcla**ANEXO B 1. Diseño de mezcla de concreto con agregados naturales PATRÓN****B 1.1. Diseño de mezcla de concreto con agregados naturales PATRÓN, a/c = 0.60**

Se tiene como ejemplo el diseño de concreto de PATRÓN y a/c = 0.60. A continuación, en la Tabla A 39 se muestra las propiedades de materiales para diseño de PATRÓN.

Tabla A 39. Propiedades para Dosificación de Concreto de PATRÓN

Detalle	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Fuente/marca		Trapiche	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2671	2695	3130	1000
Porcentaje de humedad (W)	%	3.32	0.39	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% agregados del máximo peso compactado	%	53.02	46.98	-	-

Fuente: Elaboración propia.

a.-Asentamiento

Para una consistencia plástica, de acuerdo con Tabla A 40 se requiere un asentamiento de 3"–4".

Tabla A 40. Consistencia de Mezcla de Concreto y su Asentamiento

Tipo	Asentamiento	
	pulg	mm
seca	1" - 2"	25 – 50
plástica	3" - 4"	75 - 100
fluida	6" - 7"	150 - 175

Fuente: (Rivva López, Diseño de mezclas, 2019, pág. 41)

b.-Tamaño máximo nominal

De la granulometría de la piedra natural se tiene que el TMN es de 1"

c.-Volumen unitario de agua para concreto

De acuerdo a la Tabla A 41, para slump de 3" – 4" y TMN de la piedra de 1", en un metro cubico de mezcla de concreto se emplea 193 litros, equivalente a 0.193 m³ de agua.

Tabla A 41. Volumen de Agua por Metro Cúbico de Mezclado de Concreto (l/m³)

Slump	Tamaño máximo nominal de piedra (TMN)							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	187	184	174	166	154	-

Fuente: Comité 211 del ACI.

d.-Aire atrapado

Con la Tabla A 42, para un TMN de 1", se estima un porcentaje de aire en la mezcla de concreto de 1.5% del volumen, y por metro cúbico de mezcla de concreto es de 0.015 m³.

Tabla A 42. Contenido de Aire Atrapado en Mezcla de Concreto

TMN	Aire atrapado	TMN	Aire atrapado
3/8"	3.00%	1 1/2"	1.00%
1/2"	2.50%	2"	0.50%
3/4"	2.00%	3"	0.30%
1"	1.50%	4"	0.20%

Fuente: Comité 211 del ACI.

e.- Relación agua / cemento

Se está empleando una relación de agua / cemento a/c: 0.60.

f.- Cantidad de cemento por metro cúbico de mezcla de concreto

De lo anterior, se utilizará 193 litros de agua y con un a/c 0.60, se obtiene la cantidad de cemento: $193/0.60 = 321.67$ kg para un metro cubico de mezcla de concreto, equivalente a $321.67/3130=0.1028$ m³.

g.- Volumen unitario de agregados para mezcla de concreto

Se tiene la siguiente expresión:

$$\text{Vol. total} = \text{Vol. de agregados} + \text{Vol. de cemento} + \text{Vol. de agua} + \text{Vol. de aire} \dots (1)$$

Donde: Vol. total = 1 m³, Vol. de cemento=0.1028 m³, Vol. de agua=0.193 m³, Vol. de aire=0.015 m³.

Reemplazando en la expresión (1) se tiene:

$$\text{Vol. de agregados} = 1 - (0.1028 + 0.193 + 0.015) = 0.6892 \text{ m}^3$$

h.-Cantidad de agregado fino y agregado grueso

Se presenta las expresiones que determinen su valor.

Se presenta a continuación las variables que simboliza a las propiedades de los agregados del concreto y a las cantidades (volumen y peso) que se obtienen .

PA : Peso de agregados

PF : Peso de agregado fino

PG : Peso de agregado grueso

AF% : Porcentaje en peso de agregado fino

PEF : Peso específico de agregado fino

PEG : Peso específico de agregado grueso

VA : Volumen de agregados

VF : Volumen de agregado fino

VG : Volumen de agregado grueso

Se tiene las siguientes expresiones:

$$PA = PF + PG \dots (1)$$

$$PF = (AF\%)PA \dots (2)$$

Reemplazando (1) en (2)

$$PF = (AF\%)(PF + PG) \dots (3)$$

$$PF = PEF \times VF \dots (4)$$

$$PG = PEG \times VG \dots (5)$$

$$VA = VG + VF \dots (6)$$

Reemplazando (6) en (5)

$$PG = PEG \times (VA - VF) \dots (7)$$

Reemplazando (4) Y (7) en (3)

$$PEF \times VF = (AF\%)(PEF \times VF + PEG \times (VA - VF))$$

Despejando tenemos el valor del volumen del agregado fino:

$$VF = \frac{AF\% \times PEG \times VA}{PEF + AF\%(PEG - PEF)}$$

De los valores previamente calculados $AF\% = 53.02\%$, $PEG = 2695 \text{ kg/m}^3$, $VA = 0.6892 \text{ m}^3$, $PEF = 2671 \text{ kg/m}^3$, reemplazando se obtiene el volumen de agregado fino $VF = 0.3669 \text{ m}^3$.

$$VF = \frac{53.02\% \times 2695 \times 0.6892}{2671 + 53.02\%(2695 - 2671)}$$

$$VF = 0.3670 \text{ m}^3$$

Se calcula el volumen del agregado grueso $VG = 0.3223 \text{ m}^3$.

$$VG = VA - VF = 0.6892 - 0.3670 = 0.3223 \text{ m}^3$$

Se calcula el peso del agregado fino $PF = 980.17 \text{ kg}$ y peso del agregado grueso $PG = 868.51 \text{ Kg}$.

$$PF = PEF \times VF = 2671 \times 0.3670 = 980.17 \text{ kg}$$

$$PG = PEG \times VG = 2695 \times 0.3223 = 868.51 \text{ kg}$$

i.- Corrección de agua por absorción y contenido de humedad

se calcula el agua final por corrección de contenido de humedad y absorción, se calcula el peso húmedo de los agregados.

$$\text{Agua agregado fino} = \text{Peso agregado fino} \times (\%C.H \text{ arena} - \%Abs. \text{ Arena})$$

$$\text{Agua agregado fino} = 980.17 \times (3.32\% - 0.72\%) = 25.4843 \text{ lt}$$

$$\text{Agua agregado grueso} = \text{Peso agregado grueso} \times (\%C.H \text{ grueso} - \%Abs. \text{ grueso})$$

$$\text{Agua agregado grueso} = 868.51 \times (0.39\% - 0.77\%) = -3.3003 \text{ lt}$$

$$\text{Agua agregados} = 22.1840 \text{ lt}$$

$$\text{Agua final} = 193 - 22.1840 = 170.82 \text{ lt}$$

$$\text{Peso húmedo del agregado fino} = \text{peso seco} \times (1 + \% \text{ contenido de humedad agregado fino}) = 980.17 \times (1 + 3.32\%) = 1012.71 \text{ kg}$$

$$\text{Peso húmedo del agregado grueso} = \text{peso seco} \times (1 + \% \text{ contenido de humedad agregado grueso}) = 868.51 \times (1 + 0.39\%) = 871.893 \text{ kg}$$

j.- Vaciados de prueba de mezcla de concreto

Se empieza a efectuar tandas de prueba hasta determinar la cantidad de materiales que permita obtener la consistencia del concreto preestablecida, cambiando las cantidades de agua y de cemento manteniendo constante la relación agua/cemento.

Para el diseño de concreto con agregados naturales PATRÓN, $a/c = 0.60$, y agua = 193 litros como se muestra Tabla A 43.

Tabla A 43. Diseño de Concreto de PATRÓN, $a/c = 0.60$ y Agua = 193 L

Elementos	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	321.67	0.1028	1.00	321.67	1.00	6.50	7.57
Agua	193.00	0.1930	0.60	170.82	0.53	3.45	-
Arena	980.17	0.3670	3.05	1012.71	3.15	20.45	-
Piedra	868.51	0.3223	2.70	871.89	2.71	17.61	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2363.34	1.00	-	2377.08	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Se efectúa otra tanda con agua a 234 litros y se obtiene un asentamiento de $5 \frac{3}{4}$ " lo cual no cumple, se efectúa una tanda más, considerando una cantidad de agua = 230 litros, en base a los resultados anteriores. el cual cumple con lo requerido.

Tabla A 44. Diseño de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c = 0.60$ y Agua = 230 L.

Elementos	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	383.33	0.1225	1.00	383.33	1.00	7.92	9.02
Agua	230.00	0.2300	0.60	209.64	0.55	4.33	-
Arena	899.53	0.3368	2.35	929.39	2.42	19.21	-
Piedra	797.06	0.2958	2.08	800.16	2.09	16.54	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2309.92	1.00	-	2322.53	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

k.-Variación porcentual de agregados para ajuste de mayor resistencia

Con la cantidad de materiales definidas en base a la consistencia solicitada encontrada, se procede a variar la proporción porcentual ($\pm 3\%$, y de ser necesario variar en $\pm 6\%$) de agregados de la mezcla de concreto con el fin de encontrar el porcentaje óptimo que dé como resultado la mayor resistencia a compresión a los 7 días, en la Tabla A 45 se muestra la variación del porcentaje requerido para $a/c = 0.60$.

Tabla A 45. Variación Porcentual de Agregados Naturales PATRÓN, $a/c = 0.60$

Agregado fino %	Agregado grueso %
50.02	49.98
53.02	46.98
56.02	43.98
59.02	40.98

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla A 46, Tabla A 47, Tabla A 48 y Tabla A 49 se muestra los valores de las cantidades de materiales para PATRÓN, para cada variación porcentual de agregados para $a/c=0.60$.

Tabla A 46. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.60$, Agua = 230L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 50.02/49.98

Elementos	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	383.33	0.1225	1.00	383.33	1.00	7.92	9.02
Agua	230.00	0.2300	0.60	211.15	0.55	4.36	-
Arena	848.86	0.3178	2.21	877.04	2.29	18.12	-
Piedra	848.18	0.3147	2.21	851.49	2.22	17.59	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2310.37	1.00	-	2323.02	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 47. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.60$, Agua = 230L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 53.02/46.98

Elementos	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	383.33	0.1225	1.00	383.33	1.00	7.92	9.02
Agua	230.00	0.2300	0.60	209.64	0.55	4.33	-
Arena	899.53	0.3368	2.35	929.39	2.42	19.21	-
Piedra	797.06	0.2958	2.08	800.16	2.09	16.54	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2309.92	1.00	-	2322.53	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 48. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.60$, Agua = 230L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 56.02/43.98

Elementos	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	383.33	0.1225	1.00	383.33	1.00	7.92	9.02
Agua	230.00	0.2300	0.60	208.13	0.54	4.30	-
Arena	950.17	0.3557	2.48	981.72	2.56	20.29	-
Piedra	745.96	0.2768	1.95	748.87	1.95	15.48	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2309.46	1.00	-	2322.05	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 49. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.60$, Agua = 230L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 59.02/40.98

Elemento	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	Volumen m³	Relación en peso	Peso húmedo kg	Relación en peso	Tanda kg	Bolsa cem. unid.
Cemento	383.33	0.1225	1.00	383.33	1.00	7.93	9.02
Agua	230.00	0.2300	0.60	206.62	0.54	4.27	-
Arena	1000.79	0.3747	2.61	1034.01	2.70	21.38	-
Piedra	694.89	0.2578	1.81	697.60	1.82	14.42	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2309.01	1.00	-	2321.56	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Se elaboran 8 probetas de cada diseño cambiando el porcentaje de agregados, a continuación, se presenta la resistencia en la Tabla A 50, Tabla A 51, Tabla A 52 y Tabla A 53.

Tabla A 50. Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, $a/c=0.60$, % Agregado Fino = 50.02, % Agregado Grueso = 49.98

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10	9.99	10.00	78.46	20876.00	266.07
2	10.04	10.04	10.04	79.17	20333.00	256.83
3	10.05	10.00	10.03	78.93	19756.00	250.29
4	10.03	10.01	10.02	78.85	20944.00	265.60
5	9.96	9.96	9.96	77.91	20799.00	266.95
6	9.97	9.99	9.98	78.23	18879.00	241.34
7	9.94	9.96	9.95	77.76	20057.00	257.95
8	9.97	9.94	9.96	77.83	19881.00	255.43
f'c promedio (kg/cm²)						257.56

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 51. Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, $a/c=0.60$, % Agregado Fino = 53.02, % Agregado Grueso = 46.98

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.91	9.92	9.92	77.21	21742.00	281.59
2	9.99	10.01	10.00	78.54	21277.00	270.91
3	9.96	9.98	9.97	78.07	23028.00	294.97
4	9.97	10.00	9.99	78.30	19535.00	249.48
5	9.96	9.94	9.95	77.76	20790.00	267.37
6	10.03	10.03	10.03	79.01	22391.00	283.39
7	10.00	10.01	10.01	78.62	19830.00	252.23
8	10.00	9.99	10.00	78.46	21073.00	268.58
f'c promedio (kg/cm²)						271.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 52. Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, $a/c=0.60$, % Agregado Fino =

56.02, % Agregado Grueso = 43.98

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.19	10.19	10.19	81.55	24006.00	294.36
2	10.20	10.3	10.25	82.52	23025.00	279.04
3	10.09	10.06	10.08	79.72	21892.00	274.60
4	10.15	10.23	10.19	81.55	24082.00	295.29
5	10.17	10.21	10.19	81.55	23086.00	283.08
6	10.24	10.26	10.25	82.52	23784.00	288.24
7	10.11	10.07	10.09	79.96	22639.00	283.13
8	10.10	10.16	10.13	80.60	21883.00	271.52
f'c promedio (kg/cm²)						283.66

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 53. Resistencia a Compresión Axial a 7 días de PATRÓN, $a/c=0.60$, % Agregado Fino =

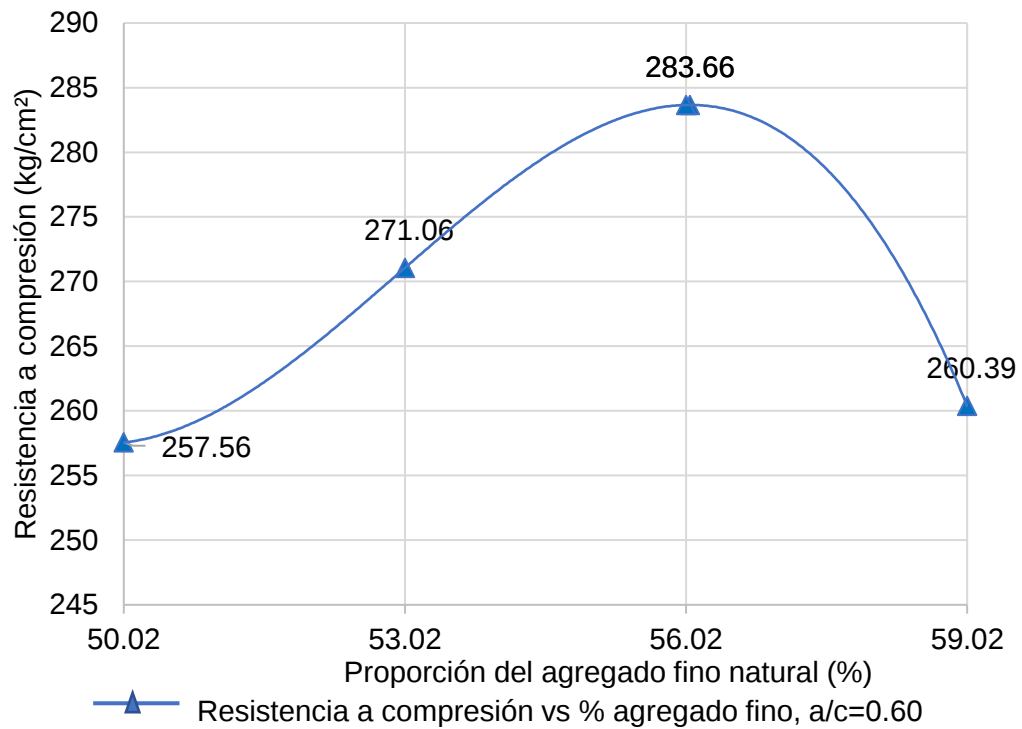
59.02, % Agregado Grueso = 40.98

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.00	10.03	10.02	78.78	19725.00	250.39
2	10.05	10.02	10.04	79.09	20247.00	256.00
3	10.08	10.13	10.11	80.20	22209.00	276.93
4	10.00	10.07	10.04	79.09	20019.00	253.11
5	10.03	10.03	10.03	79.01	21862.00	276.69
6	10.08	10.07	10.07	79.68	19932.00	250.14
7	10.17	10.25	10.21	81.83	22341.00	273.01
8	9.97	9.96	9.97	77.99	19253.00	246.86
f'c promedio (kg/cm²)						260.39

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 6 se presenta la resistencia a compresión respecto a la variación del porcentaje de arena para PATRÓN, $a/c = 0.60$, en el cual se obtiene 283.66 kg/cm² de resistencia para el 56.06% de arena natural.

Figura A 6. Resistencia a Compresión vs Variación de Porcentaje de Agregado Fino para
PATRÓN, $a/c = 0.60$

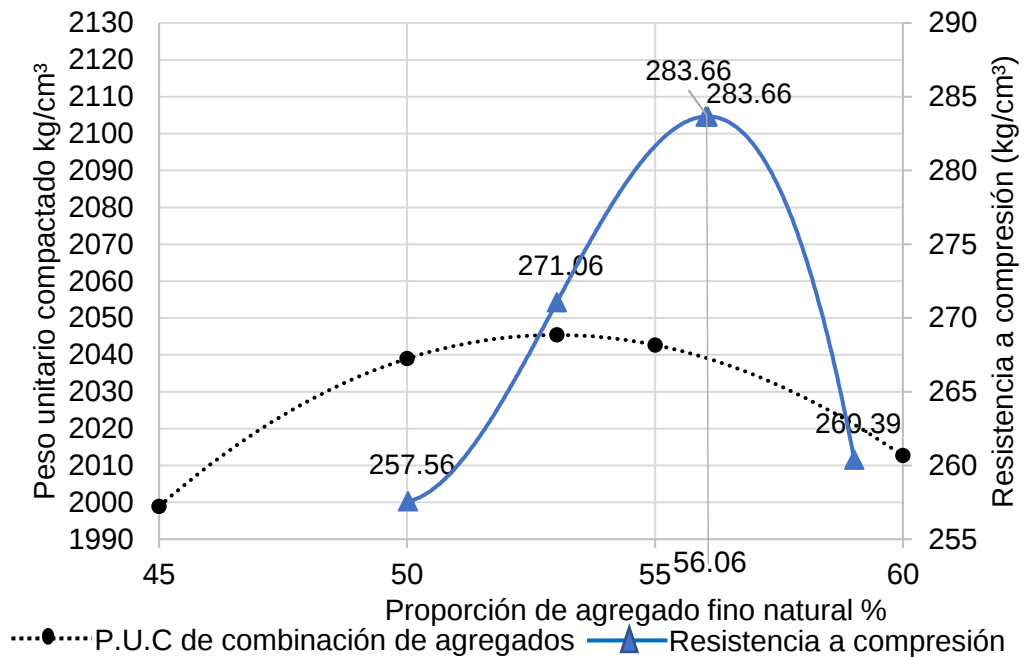


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 7 se tiene el PUC de la combinación de agregados y la resistencia respecto al porcentaje de arena.

Figura A 7. P.U.C. de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN,

$a/c=0.60$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 54 se muestra las características de los materiales para diseño de PATRÓN, $a/c=0.60$ definitivo

Tabla A 54. Propiedad de Materiales Para Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.60$

Detalle	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Fuente/marca		Trapiche	Unicon	Sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m³	2671	2695	3130	1000
Porcentaje de humedad (W)	%	3.32	0.39	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% agregados en peso	%	56.06	43.94	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 55 se muestra el diseño de PATRÓN, $a/c= 0.60$, definitivo.

Tabla A 55. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.60$, Agua = 230L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 56.06/43.94

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	383.33	0.1225	1.00	383.33	1.00	7.92	9.02
Agua	230.00	0.2300	0.60	208.11	0.54	4.30	-
Arena	950.85	0.3560	2.48	982.41	2.56	20.31	-
Piedra	745.28	0.2765	1.94	748.18	1.95	15.47	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2309.46	1.00	-	2322.04	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Este desarrollo de diseño se aplicará para los demás tipos de concreto en estudio.

B 1.2. Diseño de mezcla de concreto con agregados naturales PATRÓN, $a/c = 0.65$

Siguiendo el procedimiento de diseño, para PATRÓN, $a/c = 0.65$ se obtiene que para el agua = 228 L nos da un asentamiento de 3 7/8" el cual cumple con lo requerido, luego se procede a variar el porcentaje de agregados en ± 3 , ± 6 ,

Tabla A 56. Variación Porcentual de Agregados Naturales de PATRÓN, $a/c = 0.65$

Agregado fino %	Agregado grueso %
50.02	49.98
53.02	46.98
56.02	43.98

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en la Tabla A 57, Tabla A 58 y Tabla A 59 el resultado de las dosificaciones.

Tabla A 57. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.65$, Agua = 228 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 50.02/49.98

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	350.77	0.1121	1.00	350.77	1.00	7.25	8.25
Agua	228.00	0.2280	0.65	208.78	0.60	4.32	-
Arena	865.51	0.3240	2.47	894.24	2.55	18.49	-
Piedra	864.81	0.3209	2.47	868.19	2.48	17.95	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2309.09	1.00	-	2321.98	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 58. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.65$, Agua = 228 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 53.02/46.98

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	350.77	0.1121	1.00	350.77	1.00	7.25	8.25
Agua	228.00	0.2280	0.65	207.24	0.59	4.29	-
Arena	917.17	0.3434	2.61	947.62	2.70	19.59	-
Piedra	812.69	0.3016	2.32	815.85	2.33	16.87	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2308.62	1.00	-	2321.48	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 59. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.65$, Agua = 228 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 56.02/43.98

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	350.77	0.1121	1.00	350.77	1.00	7.25	8.25
Agua	228.00	0.2280	0.65	205.70	0.59	4.25	-
Arena	968.80	0.3627	2.76	1000.97	2.85	20.70	-
Piedra	760.59	0.2822	2.17	763.55	2.18	15.79	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2308.16	1.00	-	2320.99	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla A 60, Tabla A 61 y Tabla A 62 se presenta la resistencia correspondiente.

Tabla A 60. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.65$, % Agregado Fino =

50.02, % Agregado Grueso = 49.98

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.07	10.03	10.05	79.33	20473.00	258.08
2	10.02	10.05	10.04	79.09	19634.00	248.25
3	10.07	10.01	10.04	79.17	19710.00	248.96
4	10.04	10.05	10.05	79.25	19941.00	251.63
5	10.23	10.17	10.20	81.71	21588.00	264.19
6	9.98	10.00	9.99	78.38	20502.00	261.56
7	10.02	10.07	10.05	79.25	20612.00	260.09
8	10.03	10.01	10.02	78.85	20193.00	256.08
f'c promedio (kg/cm ²)						256.11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 61. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.65$, % Agregado Fino =

53.02, % Agregado Grueso = 46.98

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.07	10.06	10.07	79.56	20394.00	256.32
2	10.05	10.02	10.04	79.09	19761.00	249.85
3	10.07	10.08	10.08	79.72	20448.00	256.49
4	10.00	10.04	10.02	78.85	20488.00	259.82
5	10.02	10.05	10.04	79.09	20957.00	264.97
6	10.05	10.05	10.05	79.33	20235.00	255.08
7	10.00	10.03	10.02	78.78	20716.00	262.97
8	10.05	10.04	10.05	79.25	20279.00	255.89
f'c promedio (kg/cm ²)						257.68

Fuente: Elaboración propia.

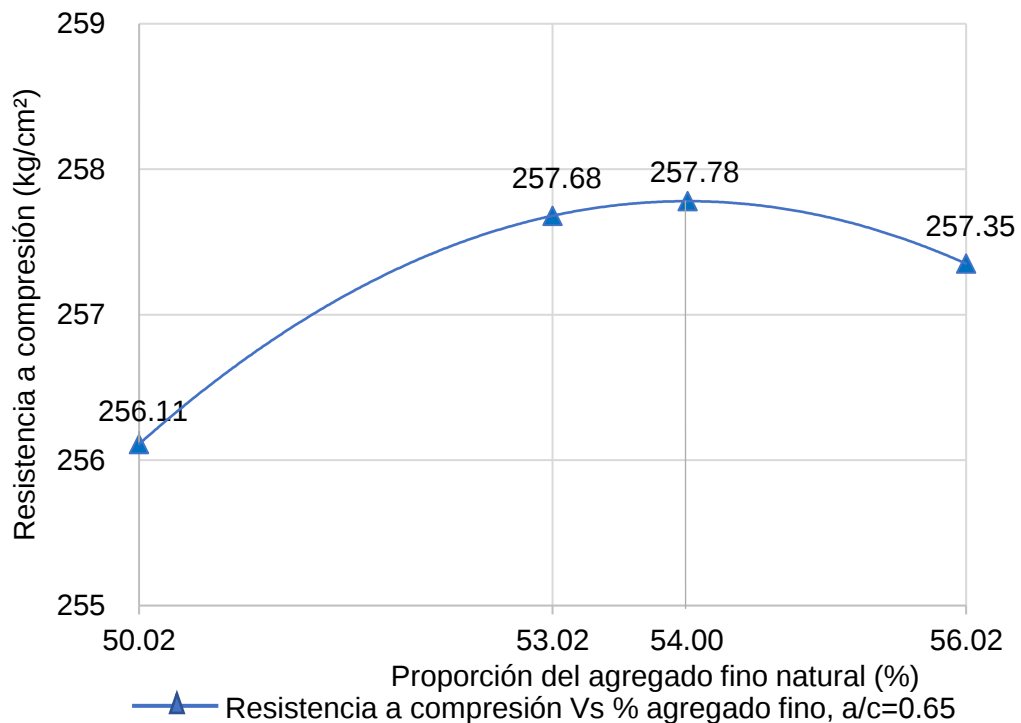
Tabla A 62. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.65$, % Agregado Fino = 56.02, % Agregado Grueso = 43.98

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)
1	10.07	10.04	10.06	79.41	20731.00	261.08
2	9.96	10.00	9.98	78.23	19931.00	254.79
3	10.02	10.00	10.01	78.70	19491.00	247.67
4	10.00	9.96	9.98	78.23	20056.00	256.39
5	9.94	10.00	9.97	78.07	20330.00	260.41
6	10.05	10.00	10.03	78.93	20223.00	256.20
7	10.02	10.05	10.04	79.09	20954.00	264.94
8	10.03	9.98	10.01	78.62	20228.00	257.29
f'c promedio (kg/cm²)						257.35

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 8 se presenta la resistencia a compresión respecto a la variación del porcentaje de agregado fino para PATRÓN, $a/c = 0.65$.

Figura A 8. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino para PATRÓN, $a/c = 0.65$

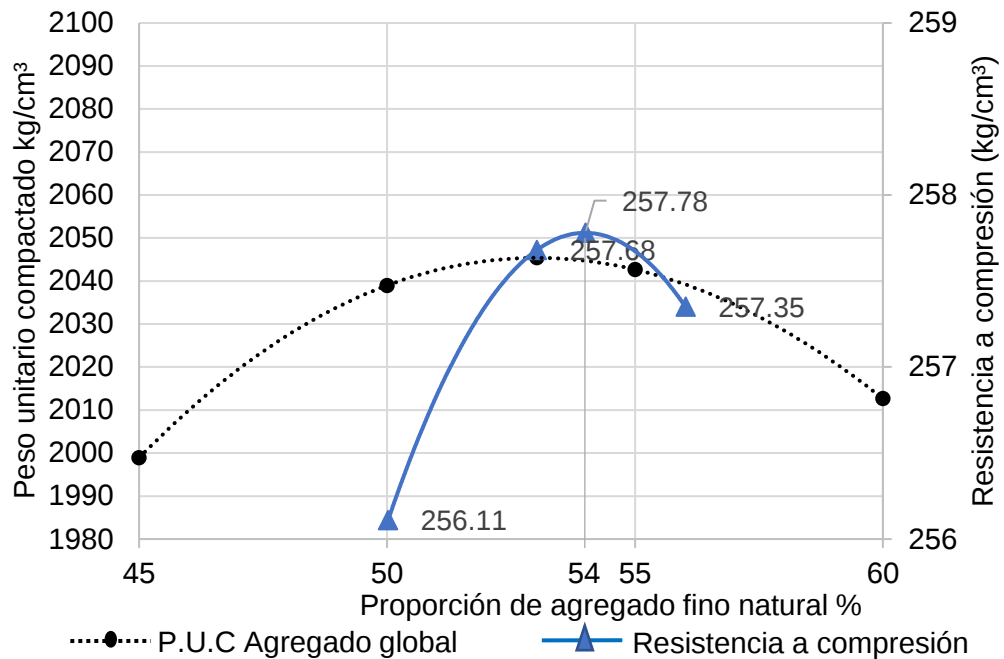


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 9 se presenta las gráficas del peso unitario compactado de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino.

Figura A 9. PUC de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN,

$a/c=0.65$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 63 se muestra las propiedades de los materiales para diseño de concreto agregados naturales PATRÓN, $a/c=0.65$ definitivo.

Tabla A 63. Propiedad de Materiales Para Diseño de PATRÓN, $a/c=0.65$

Detalle	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Fuente/marca		Trapiche	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m³	2671	2695	3130	1000
Porcentaje de humedad (W)	%	3.32	0.39	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% Agregados en peso	%	54.00	46.00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 64 se muestra el diseño de concreto patrón para PATRÓN, $a/c=0.65$, definitivo.

Tabla A 64. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.65$, Agua = 228 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso
= 54.00/46.00

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	350.77	0.1121	1.00	350.77	1.00	7.25	8.25
Agua	228.00	0.2280	0.65	206.74	0.59	4.27	-
Arena	934.04	0.3497	2.66	965.05	2.75	19.96	-
Piedra	795.66	0.2952	2.27	798.77	2.28	16.52	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2308.47	1.00	-	2321.32	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 1.3. Diseño de mezcla de concreto con agregados naturales PATRÓN, $a/c = 0.70$

Continuando, para PATRÓN, $a/c = 0.70$ se obtiene que para el agua = 226.5 L nos da un asentamiento de 3 3/4" el cual cumple con lo requerido, entonces se procede a variar la proporción de agregados en ± 3 , ± 6 , en la Tabla A 65 se muestra la variación del porcentaje requeridos para PATRÓN, $a/c = 0.70$.

Tabla A 65. Variación Porcentual de Agregados Naturales en el PATRÓN, $a/c=0.70$

Agregado fino %	Agregado grueso %
50.02	49.98
53.02	46.98
56.02	43.98

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 66. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.70$, Agua = 226.5 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 50.02/49.98

Elemento	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	323.57	0.1034	1.00	323.57	1.00	6.69	7.61
Agua	226.50	0.2265	0.70	206.98	0.64	4.28	-
Arena	879.18	0.3292	2.72	908.37	2.81	18.79	-
Piedra	878.48	0.3260	2.71	881.90	2.73	18.24	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2307.73	1.00	-	2320.82	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 67. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.70$, Agua = 226.5L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 53.02/46.98

Elemento	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	323.57	0.1034	1.00	323.57	1.00	6.69	7.61
Agua	226.50	0.2265	0.70	205.41	0.63	4.25	-
Arena	931.66	0.3488	2.88	962.59	2.97	19.91	-
Piedra	825.53	0.3063	2.55	828.74	2.56	17.14	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2307.26	1.00	-	2320.32	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 68. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.70$, Agua = 226.5 L, % Agregado Fino / % Agregado

Grueso = 56.02/43.98

Elemento	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	323.57	0.1034	1.00	323.57	1.00	6.70	7.61
Agua	226.50	0.2265	0.70	203.85	0.63	4.22	-
Arena	984.11	0.3684	3.04	1016.78	3.14	21.04	-
Piedra	772.60	0.2867	2.39	775.62	2.40	16.05	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2306.78	1.00	-	2319.82	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 69, Tabla A 70 y Tabla A 71 se presenta la resistencia que corresponde a la variación de agregados.

Tabla A 69. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.70$, % Agregado Fino =

50.02, % Agregado Grueso = 49.98

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10	10.03	10.02	78.78	17245.00	218.91
2	10.02	10.07	10.05	79.25	15737.00	198.58
3	9.97	10.01	9.99	78.38	16601.00	211.79
4	10.185	10.21	10.20	81.67	17723.00	217.00
5	10.075	10.1	10.09	79.92	16409.00	205.32
6	10.02	9.99	10.01	78.62	17140.00	218.02
7	10.13	10.15	10.14	80.75	17059.00	211.25
8	10.04	9.98	10.01	78.70	16650.00	211.57
f'c promedio (kg/cm ²)						211.55

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 70. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.70$, % Agregado Fino =

53.02, % Agregado Grueso = 46.98

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)
1	10.00	9.99	10.00	78.46	15714.00	200.28
2	9.97	10.08	10.03	78.93	16936.00	214.56
3	9.92	10.00	9.96	77.91	17453.00	224.01
4	10.15	10.12	10.14	80.67	18427.00	228.41
5	10.14	10.15	10.15	80.83	18545.00	229.42
6	10.02	10.035	10.03	78.97	17549.00	222.22
7	10.04	9.97	10.01	78.62	17285.00	219.86
8	10.08	9.98	10.03	79.01	17365.00	219.78
f'c promedio (kg/cm²)						219.82

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 71. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, PATRÓN, $a/c=0.70$, % Agregado Fino =

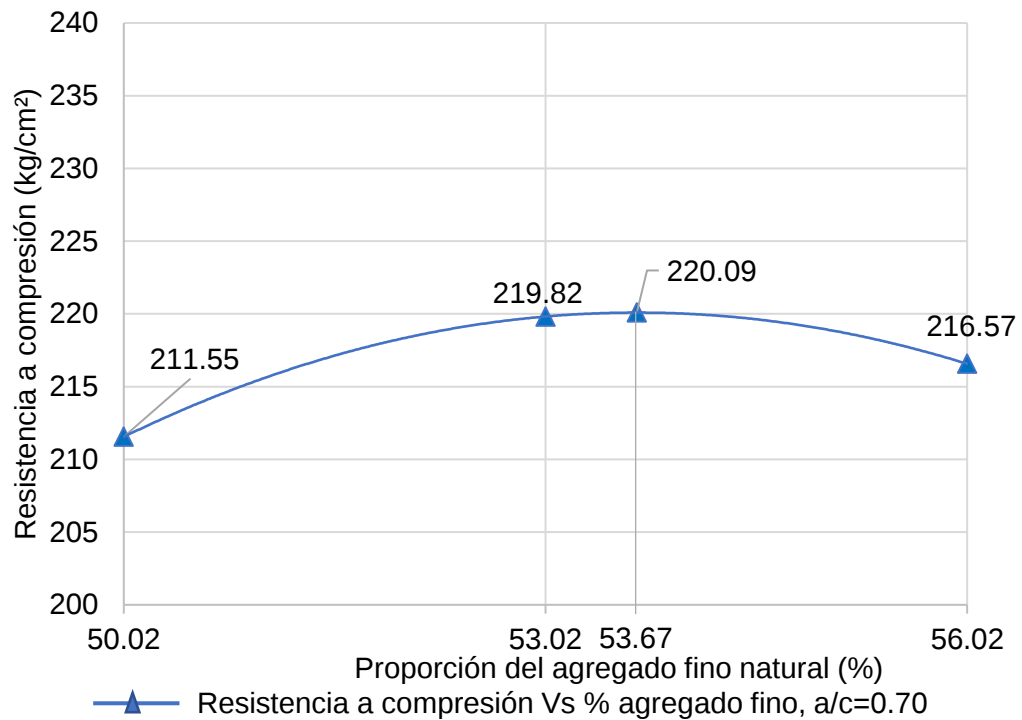
56.02, % Agregado Grueso = 43.98

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)
1	10.03	10.04	10.04	79.09	17860.00	225.82
2	10.06	9.99	10.02	78.85	16269.00	206.32
3	10.00	10.05	10.03	78.93	17207.00	217.99
4	9.95	10.05	10.00	78.54	17212.00	219.15
5	9.97	9.98	9.98	78.15	17553.00	224.61
6	9.97	9.96	9.97	77.99	16295.00	208.93
7	9.98	10.08	10.03	79.01	18089.00	228.94
8	9.99	9.98	9.98	78.27	15713.00	200.77
f'c promedio (kg/cm²)						216.57

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 10 se presenta la resistencia a compresión respecto a la variación del porcentaje de arena

Figura A 10. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino para PATRÓN, $a/c=0.70$

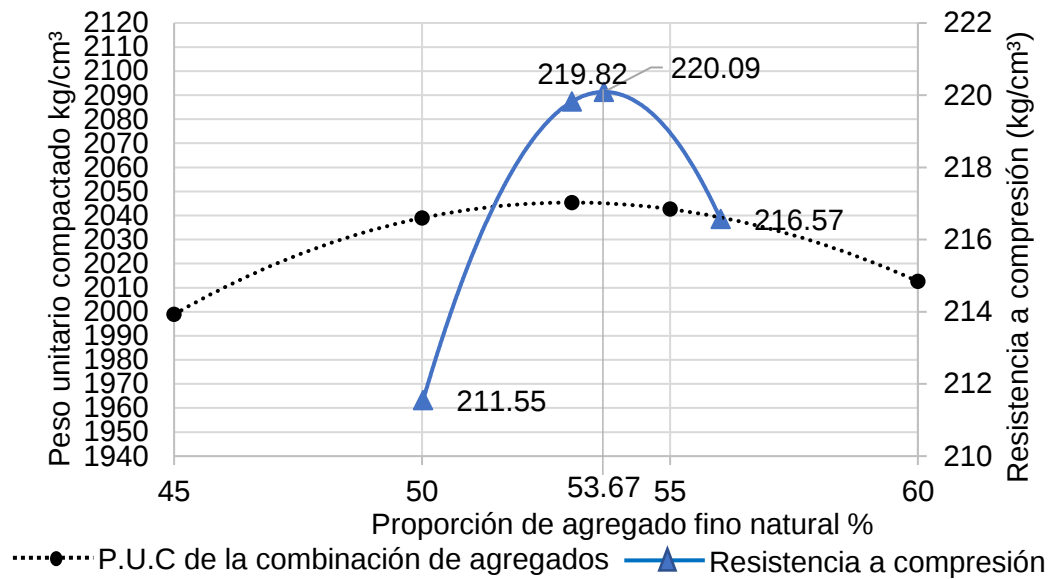


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 11 se tiene las gráficas del PUC de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de arena.

Figura A 11. PUC de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de PATRÓN,

$a/c=0.70$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 72 se muestra las propiedades de los materiales para diseño de PATRÓN, $a/c=0.70$ definitivo.

Tabla A 72. Propiedad de Materiales para Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.70$

Detalle	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Fuente/marca		Trapiche	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m³	2671	2695	3130	1000
Porcentaje de humedad (W)	%	3.32	0.39	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% agregados en peso	%	53.67	46.63	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 73 se muestra el diseño de PATRÓN, $a/c= 0.70$, definitivo.

Tabla A 73. Diseño de PATRÓN, $a/c = 0.70$, Agua = 226.5L, % Agregado Fino / % Agregado

Grueso = 53.67/46.33

Elemento	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	323.57	0.1034	1.00	323.57	1.00	6.69	7.61
Agua	226.50	0.2265	0.70	205.07	0.63	4.24	-
Arena	943.03	0.3531	2.91	974.33	3.01	20.16	-
Piedra	814.06	0.3021	2.52	817.23	2.53	16.91	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2307.15	1.00	-	2320.21	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B 2. Diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial RECO

El diseño de mezcla de RECO siguió el procedimiento del diseño de concreto PATRÓN, manteniendo la relación agua cemento a/c , variando la cantidad de agua y cemento para obtener el asentamiento preestablecido. A continuación, se muestra en la Tabla A 74 se muestran las características de los materiales empleados.

Tabla A 74. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregado Fino Reciclado

Comercial RECO

Detalle	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Fuente/marca		Construcciones Ecológicas	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de humedad (W)	%	9.27	0.39	-	-
Absorción (A)	%	7.47	0.77	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% agregados en peso	%	51.53	48.47	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En el diseño de concreto PATRÓN, para $a/c=0.60$, 0.65 y 0.70 , estas a/c se utilizó para el diseño concreto RECO.

B 2.1. Diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial RECO $a/c=0.60$ con asentamiento de 3" a 4".

De acuerdo con el procedimiento de diseño, para RECO, $a/c = 0.60$ y asentamiento de 3" a 4" se necesita 235 L de agua y da un asentamiento de 3 1/2" el cual cumple con lo requerido, luego se procede a cambiar el porcentaje de agregados en ± 3 , ± 6 , en la Tabla A 75 se muestra la variación del porcentaje requeridos para RECO $a/c = 0.60$.

Tabla A 75. Variación Porcentual de Agregados para RECO, $a/c = 0.60$

Agregado fino %	Agregado grueso %
48.53	51.47
51.53	48.47
54.53	45.47

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla A 76, Tabla A 77 y Tabla A 78 se muestra el diseño para cada variación porcentual de agregados para RECO, $a/c=0.60$.

Tabla A 76. Diseño de RECO, $a/c= 0.60$, Agua = 235 L, % Agregado Fino Reciclado Comercial / %

Agregado Grueso = 48.53/51.47

Elemento	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	391.67	0.1251	1.00	391.67	1.00	8.47	9.22
Agua	235.00	0.2350	0.60	224.62	0.57	4.86	-
Arena	743.28	0.3324	1.90	812.19	2.07	17.56	-
Piedra	788.31	0.2925	2.01	791.39	2.02	17.11	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2158.26	1.00	-	2219.86	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 77. Diseño de RECO, $a/c = 0.60$, Agua = 235 L, % Agregado Fino Reciclado Comercial / %

Agregado Grueso = 51.53/48.47

Elemento	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	391.67	0.1251	1.00	391.67	1.00	8.49	9.22
Agua	235.00	0.2350	0.60	223.68	0.57	4.85	-
Arena	784.84	0.3509	2.00	857.60	2.19	18.59	-
Piedra	738.23	0.2739	1.88	741.11	1.89	16.07	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2149.74	1.00	-	2214.05	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 78. Diseño de RECO, $a/c = 0.60$, Agua = 235 L, % Agregado Fino Reciclado Comercial / %

Agregado Grueso = 54.53/45.47

Elemento	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	391.67	0.1251	1.00	391.67	1.00	8.51	9.22
Agua	235.00	0.2350	0.60	222.75	0.57	4.84	-
Arena	825.94	0.3693	2.11	902.50	2.30	19.62	-
Piedra	688.71	0.2556	1.76	691.40	1.77	15.03	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2141.31	1.00	-	2208.32	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 79. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, RECO, $a/c = 0.60$, % Agregado Fino

Reciclado Comercial = 48.53, % Agregado Grueso = 51.47

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	10.00	10.00	78.46	17965.00	228.97
2	10.00	9.97	9.99	78.30	17506.00	223.56
3	9.96	9.99	9.98	78.15	17101.00	218.83
4	10.10	10.11	10.11	80.20	19113.00	238.32
5	10.01	9.95	9.98	78.19	18176.00	232.47
6	9.97	10.00	9.99	78.30	18312.00	233.86
7	9.99	9.96	9.98	78.15	17769.00	227.38
8	9.97	9.99	9.98	78.23	17924.00	229.13
f'c promedio (kg/cm ²)						229.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 80. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, RECO, $a/c=0.60$, % Agregado Fino

Reciclado Comercial = 51.53, % Agregado Grueso = 48.47

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)
1	10.01	9.95	9.98	78.23	21419.00	273.81
2	10.01	10.02	10.01	78.70	21254.00	270.07
3	9.99	9.99	9.99	78.38	20505.00	261.60
4	10.02	10.03	10.02	78.89	22189.00	281.25
5	9.98	10.00	9.99	78.38	20388.00	260.11
6	9.97	10.03	10.00	78.54	20039.00	255.14
7	9.99	10.00	10.00	78.46	21623.00	275.59
8	10.04	10.02	10.03	79.01	19616.00	248.27
f'c promedio (kg/cm²)						265.73

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 81. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, RECO, $a/c=0.60$, % Agregado Fino

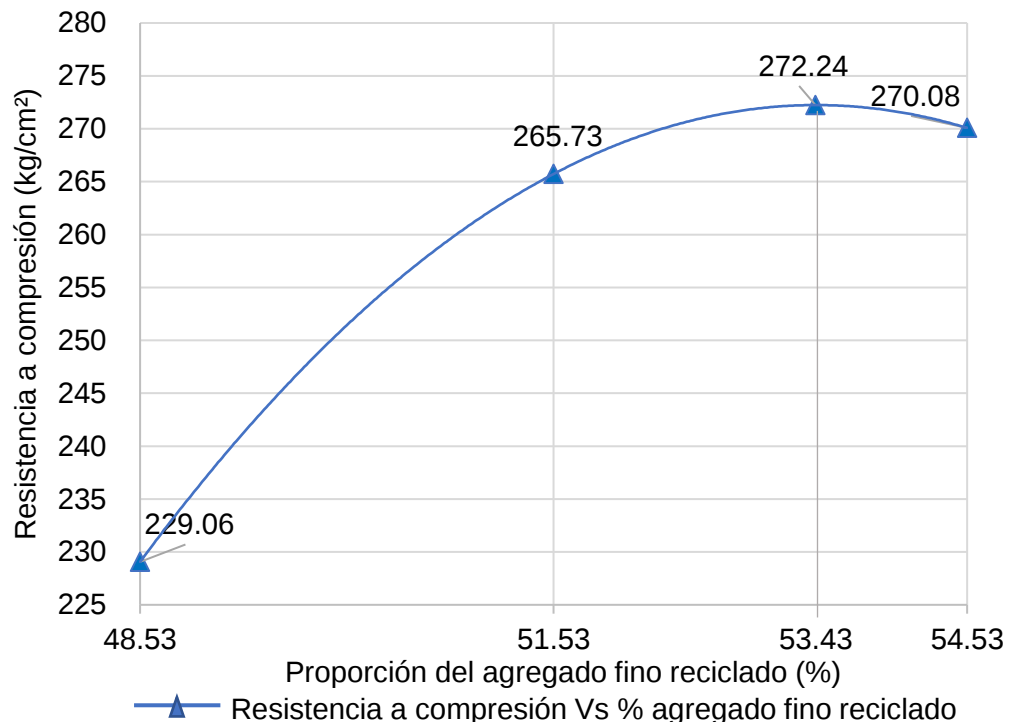
Reciclado Comercial = 54.53, % Agregado Grueso = 45.47

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)
1	10.085	9.955	10.02	78.85	21345.00	270.69
2	10.04	9.95	10.00	78.46	21866.00	278.69
3	9.93	10	9.97	77.99	20691.00	265.30
4	10	10	10.00	78.54	20453.00	260.42
5	10.04	9.95	10.00	78.46	20901.00	266.39
6	9.95	9.99	9.97	78.07	19988.00	256.03
7	9.99	9.975	9.98	78.27	22729.00	290.41
8	9.95	10.04	10.00	78.46	21396.00	272.69
f'c promedio (kg/cm²)						270.08

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 12 se presenta el comportamiento de la resistencia a compresión respecto a la variación porcentual de agregado fino reciclado comercial para RECO, $a/c = 0.60$, en el cual se obtiene la mayor resistencia para el 53.43% de arena reciclada comercial.

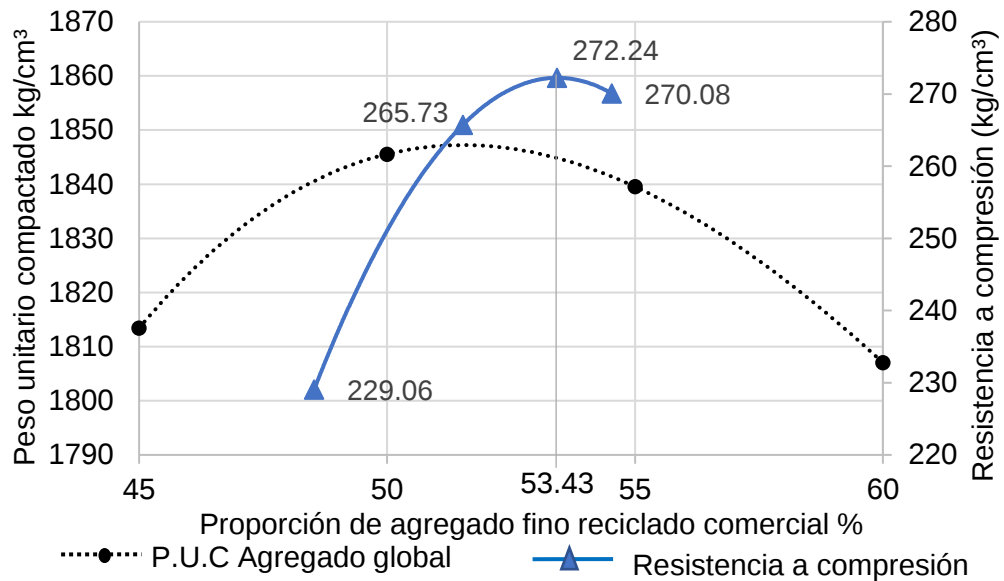
Figura A 12. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino Reciclado Comercial
para RECO, $a/c = 0.60$



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 13 se presenta las gráficas del PUC de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de arena reciclada comercial, para obtener el óptimo de resistencia para RECO, $a/c = 0.60$.

Figura A 13. PUC de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión RECO, $a/c=0.60$



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 82 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto RECO $a/c=0.60$ y asentamiento de 3" a 4".

Tabla A 82. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregado Fino Reciclado
Comercial RECO, $a/c = 0.60$

Detalle	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Fuente/marca		Construcciones Ecológicas	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m³	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de humedad (W)	%	9.27	0.39	-	-
Absorción (A)	%	7.47	0.77	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% agregados en peso	%	53.43	46.57	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 83 se muestra el diseño definitivo de RECO, $a/c= 0.60$ y asentamiento de 3" a 4".

Tabla A 83. Diseño de Concreto RECO, $a/c = 0.60$, Agua = 235L, % Agregado Fino Reciclado

Comercial / % Agregado Grueso = 53.43/46.57

Elemento	Diseño seco			Diseño húmedo			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	391.67	0.1251	1.00	391.67	1.00	8.51	9.22
Agua	235.00	0.2350	0.60	223.09	0.57	4.84	-
Arena	810.92	0.3626	2.07	886.09	2.26	19.24	-
Piedra	706.81	0.2623	1.80	709.56	1.81	15.41	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2144.39	1.00	-	2210.41	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 2.2. Diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial RECO, $a/c=0.65$ y asentamiento de 3" a 4".

De acuerdo con el procedimiento de diseño, para RECO, $a/c = 0.65$ se usa 231.5 L de agua con el cual da un asentamiento de 3 1/4" con ello cumple con lo requerido, luego se procede a variar el porcentaje de agregados en ± 3 , ± 6 , en la Tabla A 84 se muestra la variación del porcentaje requeridos para RECO, $a/c = 0.65$.

Tabla A 84. Variación Porcentual de Agregados para RECO, $a/c=0.65$

Agregado fino %	Agregado grueso %
48.53	51.47
51.53	48.47
54.53	45.47

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla A 85, Tabla A 86 y Tabla A 87 se muestra el diseño para cada variación porcentual de agregados para RECO, $a/c=0.65$.

Tabla A 85. Diseño de RECO, $a/c = 0.65$, Agua = 231.5L, % Agregado Fino Reciclado Comercial /

% Agregado Grueso = 48.53/51.47

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	356.15	0.1138	1.00	356.15	1.00	7.71	8.38
Agua	231.50	0.2315	0.65	220.87	0.62	4.78	-
Arena	760.94	0.3403	2.14	831.48	2.33	17.99	-
Piedra	807.04	0.2995	2.27	810.19	2.27	17.53	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2155.64	1.00	-	2218.70	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 86. Diseño de RECO, $a/c = 0.65$, Agua = 231.5L, % Agregado Fino Reciclado Comercial /

% Agregado Grueso = 51.53/50.58

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	356.15	0.1138	1.00	356.15	1.00	7.73	8.38
Agua	231.50	0.2315	0.65	219.91	0.62	4.77	-
Arena	803.49	0.3593	2.26	877.97	2.47	19.05	-
Piedra	755.77	0.2804	2.12	758.72	2.13	16.46	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2146.92	1.00	-	2212.76	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 87. Diseño de RECO, $a/c = 0.65$, Agua = 231.5L, % Agregado Fino Reciclado Comercial /

% Agregado Grueso = 54.53/45.47

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	356.15	0.1138	1.00	356.15	1.00	7.75	8.38
Agua	231.50	0.2315	0.65	218.96	0.61	4.76	-
Arena	845.56	0.3781	2.37	923.94	2.59	20.10	-
Piedra	705.07	0.2616	1.98	707.82	1.99	15.40	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2138.29	1.00	-	2206.88	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 88. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, RECO, $a/c=0.65$, % Agregado Fino

Reciclado Comercial = 48.53, % Agregado Grueso = 51.47

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.95	9.98	9.97	77.99	17003.80	218.02
2	9.96	9.99	9.98	78.15	16848.20	215.59
3	9.96	9.99	9.98	78.15	16475.00	210.82
4	10.10	10.09	10.10	80.04	17135.30	214.09
5	9.96	10.03	10.00	78.46	16446.30	209.61
6	10.00	9.94	9.97	78.07	16425.60	210.40
7	9.99	9.96	9.98	78.15	15589.70	199.49
8	10.00	9.93	9.97	77.99	16259.00	208.47
f'c promedio (kg/cm²)						210.81

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 89. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, RECO, $a/c=0.65$, % Agregado Fino

Reciclado Comercial = 51.53, % Agregado Grueso = 48.47

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.07	10.12	10.10	80.04	16822.20	210.17
2	9.96	9.99	9.98	78.15	17695.30	226.43
3	9.98	9.99	9.99	78.30	17359.40	221.69
4	10.09	9.96	10.03	78.93	16493.70	208.96
5	10.01	9.98	10.00	78.46	15514.80	197.74
6	9.97	10.05	10.01	78.70	18005.20	228.79
7	10	9.99	10.00	78.46	16093.60	205.12
8	9.95	10.09	10.02	78.85	17599.30	223.19
f'c promedio (kg/cm²)						215.26

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 90. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, RECO, $a/c=0.65$, % Agregado Fino

Reciclado Comercial = 54.53, % Agregado Grueso = 45.47

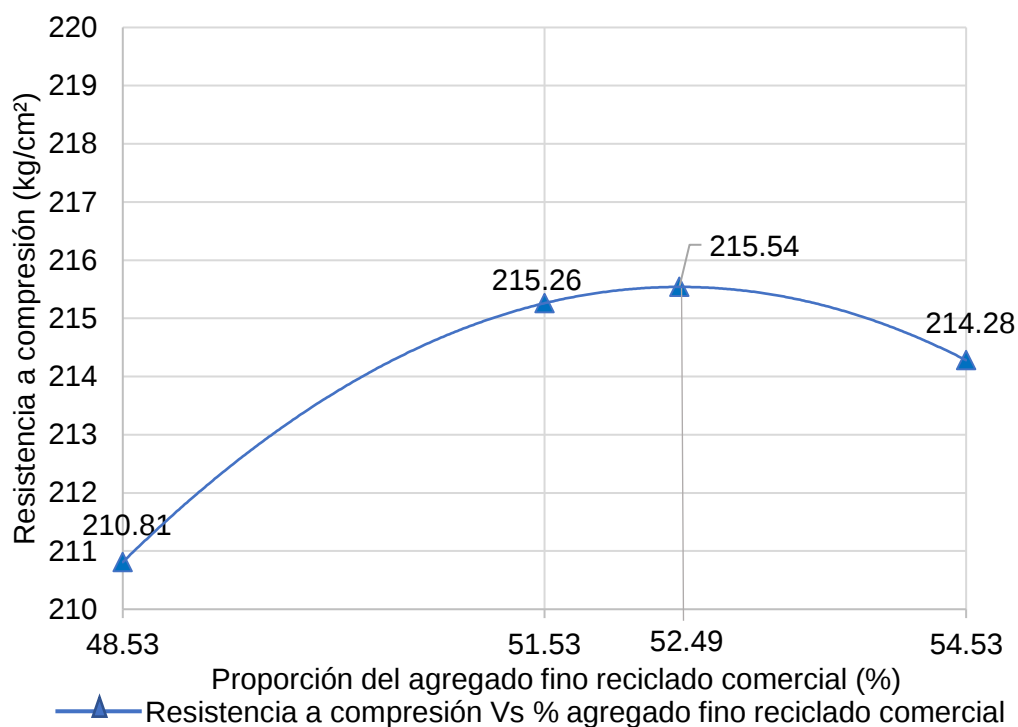
N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.97	9.99	9.98	78.23	17799.20	227.54
2	9.96	9.99	9.98	78.15	17215.30	220.29
3	10.045	9.99	10.02	78.81	17260.10	219.00
4	9.99	9.95	9.97	78.07	16594.30	212.56
5	10.09	10.1	10.10	80.04	17066.30	213.22
6	10	9.945	9.97	78.11	16311.10	208.83
7	9.96	9.99	9.98	78.15	16742.60	214.24
8	9.97	9.96	9.97	77.99	15483.20	198.53
f'c promedio (kg/cm²)						214.28

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 14 se presenta el comportamiento de la resistencia a compresión respecto a la variación porcentual del agregado fino reciclado comercial para RECO, $a/c = 0.65$

Figura A 14. Resistencia a Compresión vs Variación de % Agregado Fino Reciclado Comercial

para RECO, $a/c = 0.65$.

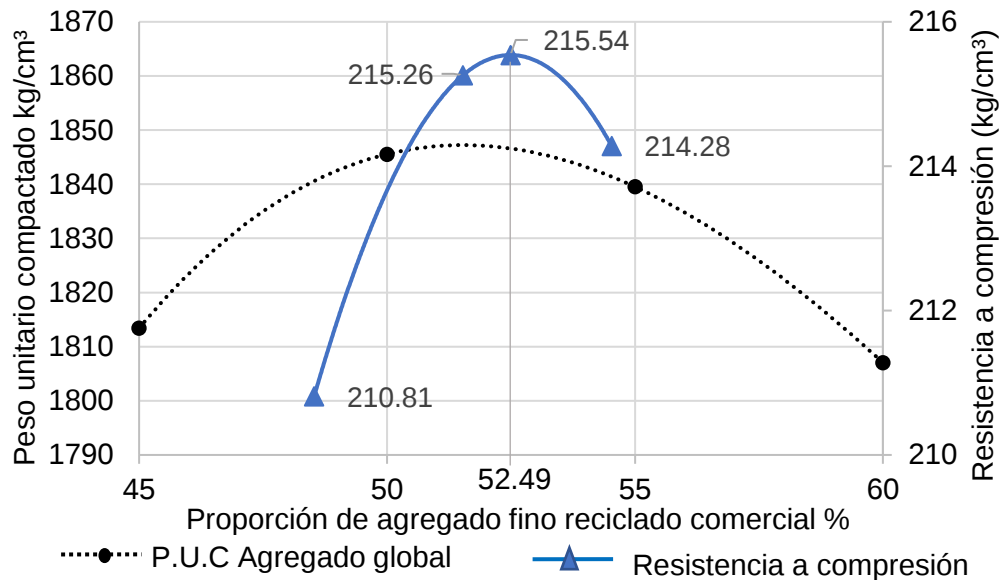


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 15 se presenta las gráficas del PUC de la combinación de agregados y la resistencia respecto al porcentaje de agregado fino reciclado comercial.

Figura A 15. PUC de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión de RECO,

$a/c=0.65$



Fuente: Elaboración propia.

En Tabla A 91 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto con agregado fino reciclado comercial RECO, $a/c=0.65$.

Tabla A 91. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregado Fino Reciclado

Comercial RECO, $a/c=0.65$

Detalle	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Construcciones Ecológicas	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m³	2236	2695	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	9.27	0.39	-	-
Absorción (A)	%	7.47	0.77	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% agregados en peso	%	52.49	47.51	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 92 se muestra el diseño definitivo de concreto con agregado fino reciclado comercial para RECO, $a/c = 0.65$.

Tabla A 92. *Diseño de RECO, $a/c = 0.65$, Agua = 231.5L, % Agregado Fino Reciclado Comercial / % Agregado Grueso = 52.49/47.51*

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	356.15	0.1138	1.00	356.15	1.00	7.73	8.38
Agua	231.50	0.2315	0.65	219.60	0.62	4.77	-
Arena	817.00	0.3653	2.29	892.74	2.51	19.38	-
Piedra	739.49	0.2744	2.08	742.37	2.08	16.12	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2144.14	1.00	-	2210.87	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 2.3. Diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial RECO, $a/c = 0.70$ y asentamiento de 3" a 4"

De acuerdo con el procedimiento de diseño, para RECO, $a/c = 0.70$ se usa 230 L de agua y da un asentamiento de 3 1/2" el cual cumple con lo requerido, luego se continúa variando porcentualmente la cantidad agregados en ± 3 , ± 6 , la Tabla A 93 se muestra la variación del porcentaje para RECO, $a/c = 0.70$.

Tabla A 93. *Variación Porcentual de Agregados para RECO, $a/c = 0.70$*

Agregado fino %	Agregado grueso %
48.53	51.47
51.53	48.47
54.53	45.47
57.53	42.47

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra en la Tabla A 94, Tabla A 95, Tabla A 96 y Tabla A 97 el diseño para cada variación porcentual de agregados para RECO, $a/c = 0.70$.

Tabla A 94. Diseño de RECO, $a/c = 0.70$, Agua = 230L, % Agregado Fino Reciclado Comercial / %

Agregado Grueso = 48.53/51.47

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	328.57	0.1050	1.00	328.57	1.00	7.12	7.73
Agua	230.00	0.2300	0.70	219.20	0.67	4.75	-
Arena	773.21	0.3457	2.35	844.89	2.57	18.30	-
Piedra	820.05	0.3043	2.50	823.25	2.51	17.83	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2151.83	1.00	-	2215.91	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 95. Diseño de RECO, $a/c = 0.70$, Agua = 230L, % Agregado Fino Reciclado Comercial / %

Agregado Grueso = 51.53/48.47

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	328.57	0.1050	1.00	328.57	1.00	7.14	7.73
Agua	230.00	0.2300	0.70	218.22	0.66	4.74	-
Arena	816.44	0.3651	2.48	892.12	2.72	19.38	-
Piedra	767.96	0.2850	2.34	770.95	2.35	16.75	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2142.97	1.00	-	2209.87	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 96. Diseño de RECO, $a/c = 0.70$, Agua = 230L, % Agregado Fino Reciclado Comercial / %

Agregado Grueso = 54.53/42.47

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	328.57	0.1050	1.00	328.57	1.00	7.16	7.73
Agua	230.00	0.2300	0.70	217.26	0.66	4.73	-
Arena	859.19	0.3842	2.61	938.84	2.86	20.45	-
Piedra	716.44	0.2658	2.18	719.23	2.19	15.66	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2134.20	1.00	-	2203.90	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 97. Diseño de RECO, $a/c = 0.70$, Agua = 230L, % Agregado Fino Reciclado Comercial / %

Agregado Grueso = 57.53/42.47

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	328.57	0.1050	1.00	328.57	1.00	7.18	7.73
Agua	230.00	0.2300	0.70	216.30	0.66	4.72	-
Arena	901.47	0.4031	2.74	985.04	3.00	21.51	-
Piedra	665.49	0.2469	2.03	668.08	2.03	14.59	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2125.53	1.00	-	2198.00	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Se presenta en la Tabla A 98, Tabla A 99, Tabla A 100 y Tabla 101 la resistencia correspondiente a los cambios de proporción de agregados.

Tabla A 98. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de RECO, $a/c=0.70$, % Agregado Fino

Reciclado Comercial = 48.53, % Agregado Grueso = 51.47

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm^2)	Carga (kg)	f'c (kg/cm^2)
1	9.98	9.93	9.96	77.83	14838.40	190.64
2	9.94	9.96	9.95	77.76	13955.10	179.47
3	9.93	9.91	9.92	77.29	14820.90	191.76
4	9.92	9.91	9.92	77.21	14950.50	193.63
5	9.89	9.90	9.90	76.90	13696.00	178.10
6	9.88	9.91	9.90	76.90	13566.80	176.42
7	9.90	9.95	9.93	77.37	13191.30	170.50
8	9.95	10.02	9.99	78.30	13651.10	174.33
f'c promedio (kg/cm^2)						181.86

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 99. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de RECO, a/c=0.70, % Agregado Fino

Reciclado Comercial = 51.53, % Agregado Grueso = 48.47

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)
1	10.045	10.01	10.03	78.97	15798.50	200.05
2	10.02	10.06	10.04	79.17	15420.80	194.78
3	10.04	10.015	10.03	78.97	14825.40	187.73
4	10.16	10.15	10.16	80.99	14684.20	181.30
5	10.045	10.00	10.02	78.89	14840.00	188.10
6	9.975	10.075	10.03	78.93	15140.20	191.81
7	10.135	10.18	10.16	81.03	16352.70	201.80
8	10.02	10.09	10.06	79.41	15749.90	198.35
f'c promedio (kg/cm²)						192.99

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 100. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de RECO, a/c=0.70, % Agregado Fino

Reciclado Comercial = 54.53, % Agregado Grueso = 45.47

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)
1	9.995	9.995	10.00	78.46	16705.90	212.92
2	10.05	10.00	10.03	78.93	16317.70	206.73
3	10.135	10.10	10.12	80.40	15995.10	198.95
4	10.265	10.215	10.24	82.35	16221.00	196.96
5	10.00	10.03	10.02	78.78	16586.70	210.56
6	10.11	10.08	10.10	80.04	16380.50	204.66
7	10.055	10.05	10.05	79.37	16234.50	204.55
8	10.17	10.185	10.18	81.35	16474.60	202.51
f'c promedio (kg/cm²)						204.73

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 101. Resistencia a Compresión Axial a 7 días, de RECO, $a/c=0.70$, % Agregado Fino

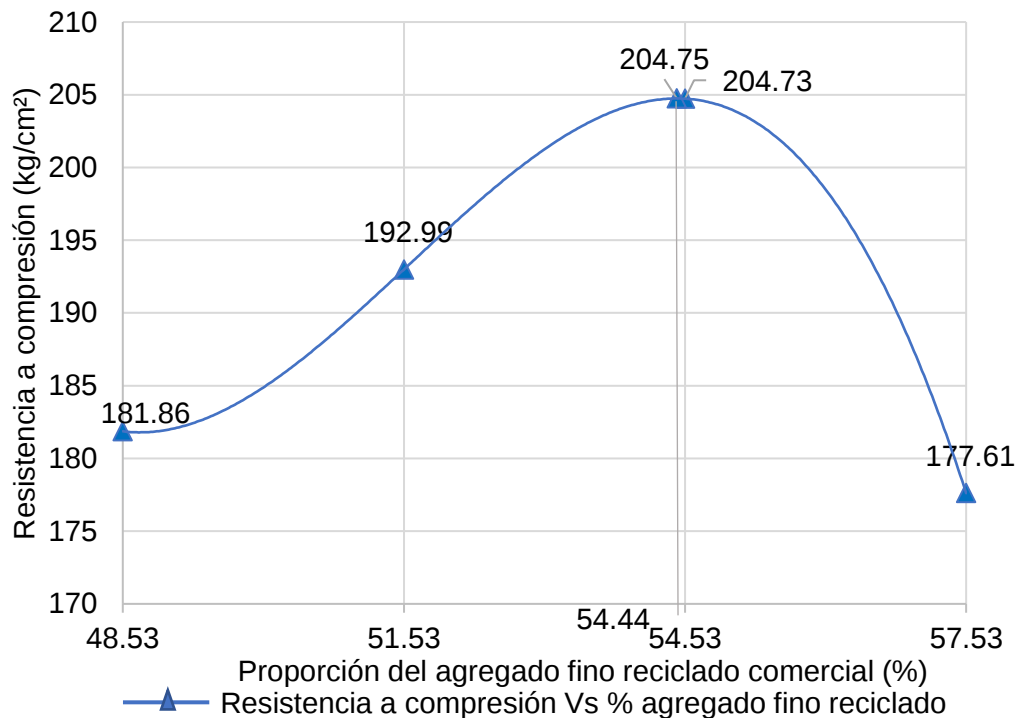
Reciclado Comercial = 57.53, % Agregado Grueso = 42.47

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm²)
1	9.97	9.98	9.98	78.15	13912.30	178.03
2	9.98	10.01	10.00	78.46	14009.10	178.55
3	9.96	9.97	9.97	77.99	13914.20	178.41
4	9.98	9.97	9.98	78.15	13897.80	177.84
5	9.99	10.075	10.03	79.05	13943.90	176.39
6	10	9.93	9.97	77.99	13952.40	178.90
7	9.95	9.99	9.97	78.07	13944.20	178.61
8	10.05	10.11	10.08	79.80	13895.60	174.13
f'c promedio (kg/cm²)						177.61

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 16 se presenta el comportamiento de la resistencia a compresión respecto a la variación porcentual de agregado fino reciclado comercial para RECO, $a/c = 0.70$, en el cual se obtiene la mayor resistencia para el 54.44% de agregado fino.

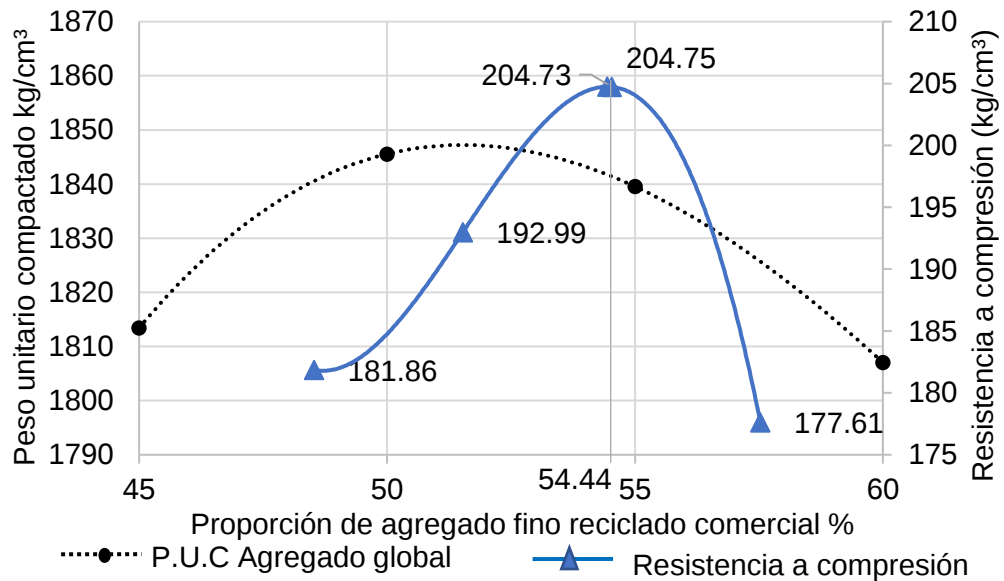
Figura A 16. Resistencia a la Compresión vs Variación de % Agregado Fino Reciclado Comercial para RECO, $a/c = 0.70$



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 17 se presenta la gráfica del PUC de la combinación de agregados y la resistencia a compresión respecto al porcentaje de agregado fino reciclado comercial, para obtener una mayor resistencia para RECO, $a/c = 0.70$, el porcentaje óptimo de agregado fino es de 54.44% y consecuentemente el porcentaje de agregado grueso será de 45.56%, estos porcentajes se utilizarán para el diseño final del mismo.

Figura A 17. PUC de la Combinación de Agregados y Resistencia a Compresión para RECO,
 $a/c=0.70$



Fuente: Elaboración propia.

En la se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto RECO $a/c=0.70$.

Tabla A 102. Propiedad de Materiales Para Diseño de Concreto con Agregado Fino RecicladoComercial RECO, $a/c = 0.70$

Detalle	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento	Agua
Fuente/marca		Construcciones Ecológicas	Unicon	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2236	2695	3130	1000
Porcentaje de humedad (W)	%	9.27	0.39	-	-
Absorción (A)	%	7.47	0.77	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-
% agregados en peso	%	54.44	45.56	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 103 se muestra el diseño definitivo de concreto con agregado fino reciclado comercial para RECO, $a/c = 0.70$.

Tabla A 103. Diseño de RECO, $a/c = 0.70$, Agua = 230 L, % Agregado Fino Reciclado Comercial /

% Agregado Grueso = 54.44/45.56

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	volumen m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	328.57	0.1050	1.00	328.57	1.00	7.16	7.73
Agua	230.00	0.2300	0.70	217.29	0.66	4.73	-
Arena	857.92	0.3836	2.61	937.44	2.85	20.42	-
Piedra	717.98	0.2664	2.19	720.78	2.19	15.70	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2134.46	1.00	-	2204.08	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B 3. Diseño de mezcla de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST

B 3.1. Diseño de mezcla de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.60$ con 25% de sustitución y asentamiento de 3" a 4".

Se muestra como ejemplo el diseño de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.60$ con 25% de sustitución

y asentamiento de 3" a 4". A continuación, se detalla el procedimiento de diseño de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.60$ con 25% de sustitución y asentamiento de 3" a 4", previamente se presenta las propiedades de los materiales.

En la Tabla A 104 se muestra las propiedades de materiales para diseño de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial.

Tabla A 104. *Propiedades de Materiales para Diseño de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO+SUST*

Descripción	Unid.	Árido fino natural	Árido grueso	Árido fino reciclado	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	FOCSAC	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2671	2695	2236	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	3.32	0.39	9.27	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	7.47	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-	-
Árido fino	%	75		25		

Fuente: Elaboración propia.

Paso 1.-Asentamiento

Se plantea que el diseño tenga consistencia plástica, de acuerdo con la Tabla A 40 para concreto con consistencia plástica se requiere un asentamiento de 3"–4".

Tabla A 105. *Consistencia de Concreto y su Asentamiento*

Tipo	Asentamiento	
	pulg	Mm
Consistencia seca	1" - 2"	25 – 50
Consistencia plástica	3" - 4"	75 - 100
Consistencia fluida	6 - 7"	150 - 175

Fuente: (Rivva López, Diseño de mezclas, 2019, pág. 41)

Paso 2.-Tamaño máximo nominal

Del análisis granulométrico del agregado grueso natural se tiene que el tamaño máximo nominal es de 1"

Paso 3.-Volumen unitario del agua de diseño

Según la Tabla A 106, para un asentamiento de 3" – 4" y TMN de la piedra de 1", en un metro cubico de concreto utilizaremos 193 litros, equivalente a 0.193 m³ de agua.

Tabla A 106. Volumen Unitario de Agua (l/m³)

Asentamiento	Tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN)							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	187	184	174	166	154	-

Fuente: Comité 211 del ACI.

Paso 4.-Aire atrapado

De acuerdo a la Tabla A 42, para un tamaño máximo nominal de 1", se estima un porcentaje de aire atrapado de 1.5% del volumen, y para un metro cubico es 0.015 m³.

Tabla A 107. Contenido de Aire Atrapado

TMN	Aire atrapado	TMN	Aire atrapado
3/8"	3.00%	1 1/2"	1.00%
1/2"	2.50%	2"	0.50%
3/4"	2.00%	3"	0.30%
1"	1.50%	4"	0.20%

Fuente: Comité 211 del ACI.

Paso 5.- Relación agua – cemento

Se está utilizando una relación de agua – cemento a/c: 0.60.

Paso 6.- Cantidad de cemento unitario

De lo anterior, se utilizará 193 litros de agua y con un a/c 0.60, con estos valores se calcula el cemento: $193/0.60 = 321.67$ kg por un metro cubico, equivalente a $321.67/3130=0.1028$ m³.

Paso 7.- Volumen unitario de agregados

Se tiene la siguiente expresión:

$$\text{Vol. total} = \text{Vol. de agregados} + \text{Vol. de cemento} + \text{Vol. de agua} + \text{Vol. de aire} \dots (1)$$

Donde: Vol. total = 1 m³, Vol. de cemento=0.1028 m³, Vol. de agua=0.193 m³, Vol. de aire=0.015 m³.

Reemplazando en la expresión (1) se tiene:

$$\text{Vol. de agregados} = 1 - (0.1028 + 0.193 + 0.015) = 0.6892 \text{ m}^3$$

Paso 8.-Cantidad de agregado fino y grueso

Para determinar las cantidades de los agregados, se debe presentar primeramente las expresiones que determinen su valor.

A continuación, se presenta las variables que representan las propiedades de los agregados.

PA : Peso de agregados

PF : Peso de agregado fino

PG : Peso de agregado grueso

AF% : Porcentaje de agregado fino en peso

PEF : Peso específico del agregado fino

PEG : Peso específico del agregado grueso

VA : Volumen de los agregados

VF : Volumen del agregado fino

VG : Volumen del agregado grueso

Se tiene las siguientes expresiones:

$$PA = PG + PF1 + PF2 \dots (1)$$

$$PG = PEG \times VG \dots (2)$$

$$PF1 = PEF1 \times VF1 \dots (3)$$

$$PF2 = PEF2 \times VF2 \dots (4)$$

$$VA = VG + VF1 + VF2 \dots (5)$$

Despejando (5), tenemos :

$$VG = VA - VF1 - VF2 \dots (6)$$

$$PF1 + PF2 = (AF\%) \cdot PA \dots (7)$$

$$PF1 = AF1\% \cdot (PF1 + PF2) \dots (8)$$

Reemplazando (1), (2), (3) y (4) en (7)

$$PEF1 \times VF1 + PEF2 \times VF2 = AF\% \cdot (PEG \times VG + PEF1 \times VF1 + PEF2 \times VF2) \dots (9)$$

Reemplazando (3) y (4) en (8)

$$PEF1 \times VF1 = AF1\% \cdot (PEF1 \times VF1 + PEF2 \times VF2) \dots (10)$$

Despejando (10), tenemos :

$$VF2 = \frac{(PEF1 - AF1\% \times PEF1) \cdot VF1}{(AF1\% \times PEF2)} \dots (11)$$

Reemplazando (5) en (9)

$$PEF1 \cdot VF1 + PEF2 \cdot VF2 = AF\% \cdot PEG \cdot (VA - VF1 - VF2) + AF\% \cdot PEF1 \cdot VF1 + AF\% \cdot PEF2 \cdot VF2$$

Despejando el último resultado :

$$VF1 \cdot (PEF1 + AF\% \cdot PEG - AF\% \cdot PEF1) = VF2 \cdot (-PEF2 - AF\% \cdot PEG + AF\% \cdot PEF2) + AF\% \cdot PEG \cdot VA \dots (12)$$

Reemplazando (11) en (12)

$$VF1 = \frac{(AF\% \cdot PEG \cdot VA) \cdot (AF1\% \cdot PEF2)}{(PEF1 + AF\% \cdot PEG - AF\% \cdot PEF1)(AF1\% \cdot PEF2) + (PEF2 + AF\% \cdot PEG - AF\% \cdot PEF2)(PEF1 - AF1\% \cdot PEF1)} \dots (13)$$

De los valores previamente calculados $AF\% = 55.40\%$, $PEG = 2695 \text{ kg/m}^3$, $VA = 0.6892 \text{ m}^3$, $PEF1 = 2236.4 \text{ kg/m}^3$, $AF1\% = 25\%$, $PEF2 = 2671 \text{ kg/m}^3$, reemplazando se obtiene el volumen de agregado fino reciclado comercial $VF1 = 0.1089 \text{ m}^3$.

$$VF1 = \frac{(55.40\% \times 2695 \times 0.6892) \cdot (25\% \times 2671)}{(2236.4 + 55.40\% \times 2695 - 55.40\% \times 2236.4)(25\% \times 2671) + (2671 + 55.40\% \times 2695 - 55.40\% \times 2671)(2236.4 - 25\% \times 2236.4)}$$

$$VF1 = 0.1115 \text{ m}^3$$

Se calcula el valor del volumen del agregado fino natural $VF2 = 0.2800 \text{ m}^3$

$$VF2 = \frac{(PEF1 - AF1\% \times PEF1)VF1}{(AF1\% \times PEF2)} = \frac{(2236.4 - 25\% \times 2236.4)0.1115}{(25\% \times 2671)} = 0.2800 \text{ m}^3$$

Se calcula el valor del volumen del agregado grueso $VG = 0.3068 \text{ m}^3$

$$VG = VA - VF1 - VF2 = 0.6892 - 0.1115 - 0.2800 = 0.2978 \text{ m}^3$$

Se calcula el peso del agregado fino reciclado comercial $PF1 = 243.54$ kg, peso del agregado fino natural $PF2 = 730.61$ kg y peso del agregado grueso $PG = 826.83$ kg .

$$PF1 = PEF1 \times VF1 = 2236.4 \times 0.1115 = 249.25 \text{ kg}$$

$$PF2 = PEF2 \times VF2 = 2671 \times 0.2800 = 747.75 \text{ kg}$$

$$PG = PEG \times VG = 2695 \times 0.2978 = 802.64 \text{ kg}$$

Paso 9.- Corrección por humedad y absorción

A continuación, se obtiene el agua final luego de la corrección por humedad y absorción, se calcula el peso húmedo del agregado fino reciclado comercial, agregado fino natural y agregado grueso.

Agua agregado fino reciclado comercial = Peso agregado fino reciclado comercial x (%C.H arena reciclada - %Abs. arena reciclada)

$$\text{Agua agregado fino reciclado comercial} = 249.25 \times (9.27\% - 7.47\%) = 4.4865 \text{ lt}$$

Agua agregado fino natural = Peso agregado fino natural x (%C.H arena natural - %Abs. arena natural)

$$\text{Agua agregado fino natural} = 747.75 \times (3.32\% - 0.72\%) = 19.4415 \text{ lt}$$

Agua agregado grueso = Peso agregado grueso x (%C.H grueso - %Abs. grueso)

$$\text{Agua agregado grueso} = 802.64 \times (0.39\% - 0.77\%) = -3.0500 \text{ lt}$$

$$\text{Agua agregados} = 20.878 \text{ lt}$$

Obtenemos que el agua de agregados es negativa, lo que nos indica que los agregados requieren de agua adicional para compensar la absorción.

$$\text{Agua final} = 193 - 20.878 = 172.12 \text{ lt}$$

Peso húmedo del agregado fino reciclado comercial = peso seco x (1+%contenido de humedad agregado fino reciclado comercial) = $249.25 \times (1+9.27\%) = 272.36$ kg

Peso húmedo del agregado fino natural = peso seco x (1+%contenido de humedad agregado fino natural) = $747.75 \times (1+3.32\%) = 772.58$ kg

Peso húmedo del agregado grueso = peso seco x (1+%contenido de humedad agregado grueso) = $802.64 \times (1+0.39\%) = 805.77$ kg

Paso 10.- Vaciados de prueba

Tabla A 108. Diseño de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino RecicladoComercial RECO+SUST, $a/c = 0.60$ con 25% de sustitución y Agua = 193 L

Materiales	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco Kg	volumen m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	321.67	0.1028	1.00	321.67	1.00	6.59	7.57
Agua	193.00	0.1930	0.60	172.12	0.54	3.52	-
AFRC	249.25	0.1115	0.77	272.36	0.85	5.58	-
AN	747.75	0.2800	2.32	772.58	2.40	15.82	-
Piedra	802.64	0.2978	2.50	805.77	2.50	16.50	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2314.31	1.00	-	2344.50	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Se realiza otro vaciado de prueba aumentando el agua a 213 litros con el cual se obtiene un asentamiento de 6 1/2" el cual no cumple con la consistencia preestablecida, pero con los valores obtenidos se realiza una interpolación realizando un vaciado más, considerando la cantidad de agua = 231.25 litros.

En la Tabla A 109 se muestra el diseño de RECO+SUST, $a/c=0.60$ con 25% de sustitución, definitivo.

Tabla A 109. Diseño RECO+SUST, $a/c = 0.60$ con 25% de sustitución, Agua = 231.25 L, %

Agregado Fino / % Agregado Grueso = 55.40/44.60

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	Vol. m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	385.42	0.1231	1.00	385.42	1.00	8.08	9.07
Agua	231.25	0.2313	0.60	212.15	0.55	4.45	-
Arena Reciclada	228.05	0.1020	0.59	249.19	0.65	5.22	-
Arena Natural	684.16	0.2561	1.78	706.87	1.83	14.81	-
Piedra	734.38	0.2725	1.91	737.24	1.91	15.45	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2263.26	1.00	-	2290.87	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Este procedimiento se aplicó a los demás diseños de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial.

B 3.2. Diseño de mezcla de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.60$ con 50% de sustitución y asentamiento de 3" a 4".

Continuando con el proceso de dosificación, para RECO+SUST, $a/c = 0.60$ con 50% de sustitución, se obtiene que para el agua = 232.5 L nos da un asentamiento de 3 3/4" el cual cumple con lo requerido.

En la tabla A 110 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.60$ con 50% de sustitución.

Tabla A 110. *Propiedades de Materiales para Diseño de RECO+SUST, $a/c=0.60$ con 50% de sustitución*

Descripción	Unid.	Árido fino natural	Árido grueso	Árido fino reciclado	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	FOCSAC	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2671	2695	2236	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	3.32	0.39	9.27	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	7.47	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-	-
Árido fino	%	50		50		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 111 se muestra el diseño definitivo de concreto para RECO+SUST, $a/c=0.60$ con 50% de sustitución.

Tabla A 111. Diseño RECO+SUST, $a/c = 0.60$ con 50% de sustitución, Agua = 232.5 L, %

Agregado Fino / % Agregado Grueso = 54.75/45.25

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	Vol. m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	387.50	0.1238	1.00	387.50	1.00	8.22	9.12
Agua	232.50	0.2325	0.60	215.97	0.56	4.58	-
Arena Reciclada	438.15	0.1959	1.13	478.77	1.24	10.16	-
Arena Natural	438.15	0.1640	1.13	452.70	1.17	9.61	-
Piedra	724.25	0.2687	1.87	727.08	1.88	15.43	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2220.56	1.00	-	2262.02	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 3.3. Diseño de mezcla de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.60$ con 75% de sustitución y asentamiento de 3" a 4".

Continuando con el proceso de dosificación, para RECO+SUST, $a/c = 0.60$ con 75% de sustitución, se obtiene que para el agua = 233.75 L nos da un asentamiento de 3 3/4" el cual cumple con lo requerido.

En la tabla A 112 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.60$ con 75% de sustitución.

Tabla A 112. *Propiedades de Materiales para Diseño de RECO+SUST, a/c=0.60 con 75% de sustitución*

Descripción	Unid.	Árido fino natural	Árido grueso	Árido fino reciclado	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	FOCSAC	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2671	2695	2236	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	3.32	0.39	9.27	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	7.47	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-	-
Árido fino	%	25		75		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 113 se muestra el diseño definitivo de concreto para RECO+SUST, a/c=0.60 con 75% de sustitución.

Tabla A 113. *Diseño RECO+SUST, a/c = 0.60 con 75% de sustitución, Agua = 233.75 L, %**Agregado Fino / % Agregado Grueso = 54.09/45.91*

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	Vol. m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	389.58	0.1245	1.00	389.58	1.00	8.37	9.17
Agua	233.75	0.2338	0.60	219.62	0.56	4.72	-
Arena Reciclada	631.92	0.2826	1.62	690.50	1.77	14.83	-
Arena Natural	210.64	0.0789	0.54	217.63	0.56	4.67	-
Piedra	715.14	0.2654	1.84	717.93	1.84	15.42	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2181.04	1.00	-	2235.26	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 3.4. Diseño de mezcla de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, a/c=0.65 con 25% de sustitución y asentamiento de 3" a 4".

Continuando con el proceso de dosificación, para RECO+SUST, $a/c = 0.65$ con 25% de sustitución, se obtiene que para el agua = 228.88 L nos da un asentamiento de 3 3/4" el cual cumple con lo requerido.

En la tabla A 114 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.65$ con 25% de sustitución.

Tabla A 114. *Propiedades de Materiales para Diseño de RECO+SUST, $a/c=0.65$ con 25% de sustitución*

Descripción	Unid.	Árido fino natural	Árido grueso	Árido fino reciclado	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	FOCSAC	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2671	2695	2236	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	3.32	0.39	9.27	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	7.47	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-	-
Árido fino	%	75		25		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 115 se muestra el diseño definitivo de concreto para RECO+SUST, $a/c=0.65$ con 25% de sustitución.

Tabla A 115. Diseño RECO+SUST, $a/c = 0.65$ con 25% de sustitución, Agua = 228.88 L, %

Agregado Fino / % Agregado Grueso = 53.62/46.38

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	Vol. m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	352.12	0.1125	1.00	352.12	1.00	7.38	8.29
Agua	228.88	0.2289	0.65	210.20	0.60	4.40	-
Arena Reciclada	225.50	0.1008	0.64	246.41	0.70	5.16	-
Arena Natural	676.51	0.2533	1.92	698.97	1.99	14.64	-
Piedra	780.22	0.2895	2.22	783.26	2.22	16.41	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2263.24	1.00	-	2290.96	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 3.5. Diseño de mezcla de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.65$ con 50% de sustitución y asentamiento de 3" a 4".

Continuando con el proceso de dosificación, para RECO+SUST, $a/c = 0.65$ con 50% de sustitución, se obtiene que para el agua = 229.75 L nos da un asentamiento de 3 3/4" el cual cumple con lo requerido.

En la tabla A 116 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.65$ con 50% de sustitución.

Tabla A 116. *Propiedades de Materiales para Diseño de RECO+SUST, a/c=0.65 con 50% de sustitución*

Descripción	Unid.	Árido fino natural	Árido grueso	Árido fino reciclado	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	FOCSAC	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2671	2695	2236	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	3.32	0.39	9.27	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	7.47	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-	-
Árido fino	%	50		50		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 117 se muestra el diseño definitivo de concreto para RECO+SUST, a/c=0.65 con 50% de sustitución.

Tabla A 117. *Diseño RECO+SUST, a/c = 0.65 con 50% de sustitución, Agua = 229.75 L, %**Agregado Fino / % Agregado Grueso = 53.25/46.75*

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco	Vol.	Relación en peso	Peso obra	Relación en peso	tanda	bolsa cem.
	kg	m ³		kg		kg	unid.
Cemento	353.46	0.1129	1.00	353.46	1.00	7.50	8.32
Agua	229.75	0.2298	0.65	213.47	0.60	4.53	-
Arena Reciclada	436.04	0.1950	1.23	476.47	1.35	10.11	-
Arena Natural	436.04	0.1633	1.23	450.52	1.27	9.56	-
Piedra	765.64	0.2841	2.17	768.62	2.17	16.31	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2220.94	1.00	-	2262.55	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 3.6. Diseño de mezcla de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, a/c=0.65 con 75% de sustitución y asentamiento de 3" a 4".

Continuando con el proceso de dosificación, para RECO+SUST, $a/c = 0.65$ con 75% de sustitución, se obtiene que para el agua = 230.63 L nos da un asentamiento de 3 1/4" el cual cumple con lo requerido.

En la tabla A 118 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.65$ con 75% de sustitución.

Tabla A 118. Propiedades de Materiales para Diseño de RECO+SUST, $a/c=0.65$ con 75% de sustitución

Descripción	Unid.	Árido fino natural	Árido grueso	Árido fino reciclado	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	FOCSAC	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2671	2695	2236	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	3.32	0.39	9.27	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	7.47	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-	-
Árido fino	%	25		75		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 119 se muestra el diseño definitivo de concreto para RECO+SUST, $a/c=0.65$ con 75% de sustitución.

Tabla A 119. Diseño RECO+SUST, $a/c = 0.65$ con 75% de sustitución, Agua = 230.63 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.87/47.13

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	Vol. m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	354.82	0.1134	1.00	354.82	1.00	7.62	8.35
Agua	230.63	0.2306	0.65	216.61	0.61	4.65	-
Arena Reciclada	632.80	0.2830	1.78	691.46	1.95	14.84	-
Arena Natural	210.93	0.0790	0.59	217.94	0.61	4.68	-
Piedra	752.13	0.2791	2.12	755.06	2.13	16.21	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2181.31	1.00	-	2235.89	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 3.7. Diseño de mezcla de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.70$ con 25% de sustitución y asentamiento de 3" a 4".

Siguiendo el procedimiento de diseño, para RECO+SUST, $a/c = 0.70$ con 25% de sustitución, se obtiene que para el agua = 227.38 L nos da un asentamiento de 3 3/4" el cual cumple con lo solicitado.

En la tabla A 120 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.70$ con 25% de sustitución.

Tabla A 120. *Propiedades de Materiales para Diseño de RECO+SUST, $a/c=0.70$ con 25% de sustitución*

Descripción	Unid.	Árido fino natural	Árido grueso	Árido fino reciclado	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	FOCSAC	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2671	2695	2236	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	3.32	0.39	9.27	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	7.47	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-	-
Árido fino	%	75		25		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 121 se muestra el diseño definitivo de concreto para RECO+SUST, $a/c=0.70$ con 25% de sustitución.

Tabla A 121. Diseño RECO+SUST, $a/c = 0.70$ con 25% de sustitución, Agua = 227.38 L, %

Agregado Fino / % Agregado Grueso = 53.86/46.14

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	Vol. m^3	Relación en peso	Peso obra Kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	324.83	0.1038	1.00	324.83	1.00	6.81	7.64
Agua	227.38	0.2274	0.70	208.29	0.64	4.37	-
Arena Reciclada	230.08	0.1029	0.71	251.41	0.77	5.27	-
Arena Natural	690.24	0.2584	2.12	713.15	2.20	14.95	-
Piedra	788.40	0.2925	2.43	791.48	2.44	16.60	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2260.93	1.00	-	2289.15	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 3.8. Diseño de mezcla de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.70$ con 50% de sustitución y asentamiento de 3" a 4".

Siguiendo el procedimiento de diseño, para RECO+SUST, $a/c = 0.70$ con 50% de sustitución, se obtiene que para el agua = 228.25 L nos da un asentamiento de 1/2" el cual cumple con lo requerido.

En la tabla A 122 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.70$ con 50% de sustitución.

Tabla A 122. *Propiedades de Materiales para Diseño de RECO+SUST, a/c=0.70 con 50% de sustitución*

Descripción	Unid.	Árido fino natural	Árido grueso	Árido fino reciclado	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	FOCSAC	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2671	2695	2236	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	3.32	0.39	9.27	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	7.47	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-	-
Árido fino	%	50		50		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 123 se muestra el diseño definitivo de concreto para RECO+SUST, a/c=0.70 con 50% de sustitución.

Tabla A 123. *Diseño RECO+SUST, a/c = 0.70 con 50% de sustitución, Agua = 228.25 L, %*

Agregado Fino / % Agregado Grueso = 54.06/45.94

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	Vol. m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	326.07	0.1042	1.00	326.07	1.00	6.93	7.67
Agua	228.25	0.2283	0.70	211.38	0.65	4.49	-
Arena Reciclada	449.37	0.2009	1.38	491.03	1.51	10.43	-
Arena Natural	449.37	0.1682	1.38	464.29	1.42	9.86	-
Piedra	763.75	0.2834	2.34	766.73	2.35	16.29	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2216.82	1.00	-	2259.51	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

B 3.9. Diseño de mezcla de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, a/c=0.70 con 75% de sustitución y asentamiento de 3" a 4".

Siguiendo el procedimiento de diseño, para RECO+SUST, $a/c = 0.70$ con 75% de sustitución, se obtiene que para el agua = 229.13 L nos da un asentamiento de 3 3/4" el cual cumple con lo requerido.

En la tabla A 124 se muestra las propiedades de los materiales para diseño definitivo de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO+SUST, $a/c=0.70$ con 75% de sustitución.

Tabla A 124. Propiedades de Materiales para Diseño de RECO+SUST, $a/c=0.70$ con 75% de sustitución

Descripción	Unid.	Árido fino natural	Árido grueso	Árido fino reciclado	Cemento	Agua
Procedencia/marca		Trapiche	Unicon	FOCSAC	sol tipo I	red - UNI
Peso específico de masa (PE)	kg/m ³	2671	2695	2236	3130	1000
Contenido de humedad (W)	%	3.32	0.39	9.27	-	-
Absorción (A)	%	0.72	0.77	7.47	-	-
Tamaño máximo nominal (TMN)	pulg	-	1"	-	-	-
Árido fino	%	25		75		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 125 se muestra el diseño definitivo de concreto para RECO+SUST, $a/c=0.70$ con 75% de sustitución.

Tabla A 125. Diseño RECO+SUST, $a/c = 0.70$ con 75% de sustitución, Agua = 229.13 L, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 54.25/45.75

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	Vol. m ³	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. und.
Cemento	327.32	0.1046	1.00	327.32	1.00	7.04	7.70
Agua	229.13	0.2291	0.70	214.38	0.65	4.61	-
Arena Reciclada	658.43	0.2944	2.01	719.47	2.20	15.48	-
Arena Natural	219.48	0.0822	0.67	226.76	0.69	4.88	-
Piedra	740.35	0.2747	2.26	743.24	2.27	15.99	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Total	2174.71	1.00	-	2231.17	-	48.00	-

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B 4. Diseño de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial y aditivo superplastificante RECO+ADIT

En la Tabla A 126, Tabla A 127 y Tabla A 128 se muestra el diseño definitivo de concreto con agregado fino reciclado comercial en su totalidad con incorporación de aditivo superplastificante cuya cantidad es el 0.7% del peso de cemento RECO+ADIT para $a/c = 0.60, 0.65, 0.70$.

Tabla A 126. Diseño de RECO+ADIT, $a/c = 0.60$, Agua = 200 L, Aditivo Superplastificante = 0.7%
del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 53.43/46.57

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	Vol. m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	333.33	0.1065	1.00	333.33	1.00	7.11	7.84
Agua	200.00	0.2000	0.60	187.11	0.56	3.99	-
Arena Reciclada	877.78	0.3925	2.63	959.15	2.88	20.46	-
Piedra	765.08	0.2839	2.30	768.06	2.30	16.39	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	2.33	0.0021	0.01	2.33	0.01	0.05	-
Total	2178.52	1.0000	-	2249.98	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 127. Diseño de RECO+ADIT, $a/c = 0.65$, Agua = 196 L, Aditivo Superplastificante = 0.7%
del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 52.49/47.51

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	Vol. m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	301.54	0.0963	1.00	301.54	1.00	6.43	7.10
Agua	196.00	0.1960	0.65	183.16	0.61	3.90	-
Arena Reciclada	882.17	0.3945	2.93	963.95	3.20	20.54	-
Piedra	798.48	0.2963	2.65	801.59	2.66	17.08	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	2.11	0.0019	0.01	2.11	0.01	0.04	-
Total	2180.30	1.0000	-	2252.35	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 128. Diseño de RECO+ADIT, $a/c = 0.70$, Agua = 194 L, Aditivo Superplastificante = 0.7%
del Peso de Cemento, % Agregado Fino / % Agregado Grueso = 54.44/45.56

Material	Diseño seco			Diseño en obra			
	Peso seco kg	Vol. m^3	Relación en peso	Peso obra kg	Relación en peso	tanda kg	bolsa cem. unid.
Cemento	277.14	0.0885	1.00	277.14	1.00	5.92	6.52
Agua	194.00	0.1940	0.70	180.29	0.65	3.85	-
Arena Reciclada	924.79	0.4135	3.34	1010.51	3.65	21.59	-
Piedra	773.94	0.2872	2.79	776.96	2.80	16.60	-
Aire	0.00	0.0150	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Aditivo	1.94	0.0018	0.01	1.94	0.01	0.04	-
Total	2171.81	1.0000	-	2246.85	-	48.00	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C. Concreto en estado fresco

ANEXO C 1. Ensayo de asentamiento

Tabla A 129. Asentamiento de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c / %AFRC	Cemento (kg/m³)	Asentamiento (pulg)			Asentamiento promedio	
			N.º 1	N.º 2	N.º 3	(pulg)	(mm)
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	3 5/8	3 7/8	3 3/4	3.75	95
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	3 3/4	3 5/8	3 5/8	3.67	93
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	3 3/8	3 1/2	3 5/8	3.50	89
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	3 3/8	3 3/8	3 1/4	3.33	85
RECO	0.60/ 100%AFRC	391.67	3 1/4	3 3/8	3 1/4	3.29	84
RECO+ADIT	0.60/ 100%AFRC	333.33	3 7/8	3 7/8	4	3.92	100
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	3 1/2	3 3/4	3 5/8	3.63	92
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	3 1/2	3 5/8	3 1/2	3.54	90
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	3 1/4	3 1/2	3 3/8	3.38	86
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	3 1/4	3 3/8	3 1/4	3.29	84
RECO	0.65/ 100%AFRC	356.15	3 1/4	3 1/4	3 1/4	3.25	83
RECO+ADIT	0.65/ 100%AFRC	301.54	3 3/4	3 3/4	3 7/8	3.79	97
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	3 3/4	3 7/8	3 7/8	3.83	98
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	3 3/4	3 3/4	3 5/8	3.71	94
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	3 1/2	3 1/2	3 5/8	3.54	90
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	3 3/8	3 3/8	3 1/2	3.42	87
RECO	0.70/ 100%AFRC	328.57	3 3/8	3 1/4	3 1/4	3.29	84
RECO+ADIT	0.70/ 100%AFRC	277.14	4	4	3 7/8	3.96	101

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C 2. Ensayo de peso unitario

Tabla A 130. Peso Unitario de Mezcla de Concreto PATRÓN.

a/c / cemento (kg/m³)	Peso de recipiente + muestra kg	Peso de recipiente kg	Peso de muestra kg	Vol. de recipiente (1/3pie³) m³	Peso unitario kg/m³	Peso unitario promedio kg/m³
0.60 / 383.33	27.78	5.51	22.27	0.00944	2359.40	2359.75
	27.76	5.51	22.25	0.00944	2357.276	
	27.81	5.51	22.30	0.00944	2362.574	
0.65 / 350.77	28.10	5.51	22.59	0.00944	2393.298	2365.75
	27.64	5.51	22.13	0.00944	2344.563	
	27.78	5.51	22.27	0.00944	2359.395	
0.70 / 327.57	27.86	5.51	22.35	0.00944	2367.871	2379.52
	28.04	5.51	22.53	0.00944	2386.941	
	28.01	5.51	22.50	0.00944	2383.763	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 131. Peso Unitario de Mezcla de Concreto RECO + SUST.

a/c / %AFRC / cemento (kg/m ³)	Peso recipiente + muestra kg	Peso recipiente kg	Peso de mues tra kg	Vol. recipien te (1/3pie ³) m ³	Peso unitario kg/m ³	Peso unitario promedio kg/m ³
0.60 /	27.69	5.51	22.18	0.0094	2349.86	2341.38
25%AFRC /	27.63	5.51	22.12	0.0094	2343.50	
385.42	27.51	5.51	22	0.0094	2330.79	
0.60 /	27.34	5.51	21.83	0.0094	2312.78	2320.55
50%AFRC /	27.41	5.51	21.9	0.0094	2320.20	
387.50	27.49	5.51	21.98	0.0094	2328.67	
0.60 /	27.09	5.51	21.58	0.0094	2286.29	2298.65
75%AFRC /	27.22	5.51	21.71	0.0094	2300.07	
389.58	27.31	5.51	21.8	0.0094	2309.60	
0.65 /	27.63	5.51	22.12	0.0094	2343.50	2337.15
25%AFRC /	27.59	5.51	22.08	0.0094	2339.27	
352.12	27.49	5.51	21.98	0.0094	2328.67	
0.65 /	27.36	5.51	21.85	0.0094	2314.90	2319.49
50%AFRC /	27.44	5.51	21.93	0.0094	2323.37	
353.46	27.41	5.51	21.9	0.0094	2320.20	
0.65 /	27.15	5.51	21.64	0.0094	2292.65	2292.65
75%AFRC /	27.21	5.51	21.7	0.0094	2299.01	
354.81	27.09	5.51	21.58	0.0094	2286.29	
0.70 /	27.81	5.51	22.3	0.0094	2362.57	2356.92
25%AFRC /	27.77	5.51	22.26	0.0094	2358.34	
324.83	27.69	5.51	22.18	0.0094	2349.86	
0.70	27.51	5.51	22	0.0094	2330.79	2332.20
+50%AFRC	27.49	5.51	21.98	0.0094	2328.67	
/ 326.07	27.57	5.51	22.06	0.0094	2337.15	
0.70	27.19	5.51	21.68	0.0094	2296.89	2298.65
+75%AFRC	27.27	5.51	21.76	0.0094	2305.36	
/ 327.32	27.16	5.51	21.65	0.0094	2293.71	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 132. Peso Unitario de Mezcla de Concreto RECO

a/c / cemento (kg/m³)	Peso de recipiente + muestra kg	Peso reci piente kg	Peso muestra kg	Vol. recipiente (1/3pie³) m³	Peso unitario kg/m³	Peso unitario promedio kg/m³
0.60 / 391.67	26.52	5.51	21.01	0.0094	2225.90	2231.55
	26.64	5.51	21.13	0.0094	2238.62	
	26.56	5.51	21.05	0.0094	2230.14	
0.65 / 356.15	26.89	5.51	21.38	0.0094	2265.10	2262.28
	26.78	5.51	21.27	0.0094	2253.45	
	26.92	5.51	21.41	0.0094	2268.28	
0.70 / 328.57	27.06	5.51	21.55	0.0094	2283.11	2269.70
	26.93	5.51	21.42	0.0094	2269.34	
	26.81	5.51	21.30	0.0094	2256.63	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C 3. Ensayo de exudación

C 3.1. Exudación de mezcla de concreto PATRÓN

Tabla A 133. Exudación de Mezcla de Concreto PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=383.33 kg/m³.

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
08:56	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:06	10	10	5.5	5.5	0.01139	0.001139
09:16	10	20	7.5	13.0	0.01548	0.001548
09:26	10	30	12.3	25.3	0.02550	0.002550
09:36	10	40	10.8	36.1	0.02232	0.002232
10:06	30	70	20.7	56.8	0.04281	0.001427
10:36	30	100	3.9	60.7	0.00807	0.000269
11:06	30	130	0.3	61.0	0.00062	0.000021
11:36	30	160	0.2	61.2	0.00041	0.000014
12:06	30	190	0.0	61.2	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 134. Exudación de Mezcla de Concreto PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=350.77 kg/m³.

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
08:44	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
08:54	10	10	0.9	0.9	0.00179	0.000179
09:04	10	20	3.7	4.6	0.00762	0.000762
09:14	10	30	9.9	14.5	0.02017	0.002017
09:24	10	40	11.0	25.5	0.02241	0.002241
09:54	30	70	13.7	39.2	0.02791	0.000930
10:24	30	100	2.1	41.3	0.00428	0.000143
10:54	30	130	1.1	42.4	0.00224	0.000075
11:24	30	160	0.3	42.7	0.00061	0.000020
11:54	30	190	0.0	42.7	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 135. Exudación de Mezcla de Concreto PATRÓN, $a/c=0.70$, Cemento=327.57 kg/m³.

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie ($A=483.05\text{cm}^2$) $V=V1/A$ (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial	V1 Acum.		
08:58	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:08	10	10	3.5	3.5	0.00717	0.000717
09:18	10	20	9.9	13.4	0.02017	0.002017
09:28	10	30	12.1	25.5	0.02465	0.002465
09:38	10	40	11.0	36.5	0.02241	0.002241
10:08	30	70	26.4	62.9	0.05378	0.001793
10:38	30	100	5.8	68.7	0.01182	0.000394
11:08	30	130	2.1	70.8	0.00428	0.000143
11:38	30	160	0.9	71.7	0.00183	0.000061
12:08	30	190	0.0	71.7	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 136. Exudación de Mezcla de Concreto PATRÓN.

Descripción	Unidad	a/c / cemento		
		0.60 / 383.33	0.65 / 350.77	0.70 / 327.57
Masa de agua de exudación D	g	61.20	42.70	71.70
Agua de mezclado neta w	kg	6.72	6.68	6.63
Masa total de tanda W	kg	75.00	75.00	75.00
masa de la muestra S	g	29070.00	29140.00	29310.00
Masa del agua en muestra del ensayo $C=(w/W) \times S$	g	2604.67	2595.40	2591.00
%Exudación = $100 \times (D/C)$	%	2.35	1.65	2.77

Fuente: Elaboración propia.

C 3.2. Exudación de mezcla de concreto RECO

Tabla A 137. Exudación de Mezcla de Concreto RECO, $a/c=0.60$, Cemento=391.67 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
11:44	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:54	10	10	0.4	0.4	0.00090	0.000090
12:04	10	20	5.7	6.1	0.01161	0.001161
12:14	10	30	10.8	16.9	0.02196	0.002196
12:24	10	40	16.9	33.9	0.03451	0.003451
12:54	30	70	22.4	56.3	0.04571	0.001524
13:24	30	100	3.1	59.4	0.00627	0.000209
13:54	30	130	1.3	60.7	0.00265	0.000088
14:24	30	160	0.7	61.4	0.00143	0.000048
14:54	30	190	0.0	61.4	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 138. Exudación de Mezcla de Concreto RECO, $a/c=0.65$, Cemento=356.15 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
10:17	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:27	10	10	0.6	0.6	0.00122	0.000122
10:37	10	20	3.9	4.5	0.00795	0.000795
10:47	10	30	6.0	10.5	0.01222	0.001222
10:57	10	40	10.2	20.7	0.02078	0.002078
11:27	30	70	11.0	31.7	0.02241	0.000747
11:57	30	100	1.2	32.9	0.00244	0.000081
12:27	30	130	1.0	33.9	0.00204	0.000068
12:57	30	160	0.6	34.5	0.00122	0.000041
13:27	30	190	0.0	34.5	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 139. Exudación de Mezcla de Concreto RECO, $a/c=0.70$, Cemento=328.57 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie ($A=483.05\text{cm}^2$) $V=V1/A$ (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial	V1 Acum.		
11:53	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:03	10	10	0.9	0.9	0.00179	0.000179
12:13	10	20	6.2	7.0	0.01255	0.001255
12:23	10	30	9.7	16.7	0.01972	0.001972
12:33	10	40	16.7	33.4	0.03406	0.003406
13:03	30	70	24.9	58.3	0.05073	0.001691
13:33	30	100	5.5	63.8	0.01120	0.000373
14:03	30	130	3.2	67.0	0.00652	0.000217
14:33	30	160	2.1	69.1	0.00428	0.000143
15:03	30	190	0.0	69.1	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 140. Exudación de Mezcla de Concreto RECO

Descripción	Unidad	a/c / cemento		
		0.60 / 391.67	0.65 / 356.15	0.70 / 328.57
Masa de agua de exudación D	g	61.40	34.50	69.10
Agua de mezclado neta w	kg	7.57	7.45	7.39
Masa total de tanda W	kg	75.00	75.00	75.00
masa de la muestra S	g	27490.00	27870.00	27960.00
Masa del agua en muestra del ensayo $C=(w/W) \times S$	g	2774.66	2768.42	2754.99
%Exudación = $100 \times (D/C)$	%	2.21	1.25	2.51

Fuente: Elaboración propia.

C 3.3. Exudación de mezcla de concreto RECO+SUST

Tabla A 141. Exudación de Mezcla de Concreto RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 25% de sustitución,

Cemento=385.42 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
09:09	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:19	10	10	1.4	1.4	0.00275	0.000275
09:29	10	20	6.8	8.1	0.01375	0.001375
09:39	10	30	9.5	17.6	0.01925	0.001925
09:49	10	40	13.5	31.1	0.02750	0.002750
10:19	30	70	22.2	53.3	0.04523	0.001508
10:49	30	100	1.8	55.1	0.00367	0.000122
11:19	30	130	0.5	55.5	0.00092	0.000031
11:49	30	160	0.3	55.8	0.00061	0.000020
12:19	30	190	0.0	55.8	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 142. Exudación de Mezcla de Concreto RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 50% de sustitución,

Cemento=387.50 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
11:13	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:23	10	10	1.1	1.1	0.00228	0.000228
11:33	10	20	3.6	4.8	0.00742	0.000742
11:43	10	30	6.2	10.9	0.01255	0.001255
11:53	10	40	10.4	21.3	0.02111	0.002111
12:23	30	70	27.7	49.0	0.05647	0.001882
12:53	30	100	12.8	61.8	0.02608	0.000869
13:23	30	130	1.1	62.9	0.00224	0.000075
13:53	30	160	0.4	63.3	0.00081	0.000027
14:23	30	190	0.0	63.3	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 143. Exudación de Mezcla de Concreto RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 75% de sustitución,

Cemento=389.58 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
09:38	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:48	10	10	4.0	4.0	0.00807	0.000807
09:58	10	20	9.7	13.6	0.01972	0.001972
10:08	10	30	17.0	30.6	0.03463	0.003463
10:18	10	40	14.6	45.2	0.02974	0.002974
10:48	30	70	15.5	60.7	0.03158	0.001053
11:18	30	100	0.9	61.6	0.00183	0.000061
11:48	30	130	0.5	62.1	0.00102	0.000034
12:18	30	160	0.4	62.5	0.00081	0.000027
12:48	30	190	0.0	62.5	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 144. Exudación de Mezcla de Concreto RECO+SUST, $a/c=0.60$

Descripción	Unidad	%AFRC / cemento		
		25%AFRC / 385.42	50%AFRC / 387.50	75%AFRC / 389.58
Masa de agua de exudación D	g	55.80	63.30	62.50
Agua de mezclado neta w	kg	6.95	7.16	7.37
Masa total de tanda W	kg	75.00	75.00	75.00
masa de la muestra S	g	28840.00	28580.00	28310.00
Masa del agua en muestra del ensayo C=(w/W)xS	g	2672.51	2728.44	2781.93
%Exudación = 100x(D/C)	%	2.09	2.32	2.25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 145. Exudación de Mezcla de Concreto RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 25% de sustitución,

Cemento=352.12 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
10:15	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:25	10	10	1.1	1.1	0.00228	0.000228
10:35	10	20	4.3	5.4	0.00880	0.000880
10:45	10	30	8.3	13.8	0.01695	0.001695
10:55	10	40	9.6	23.4	0.01956	0.001956
11:25	30	70	13.1	36.5	0.02669	0.000890
11:55	30	100	4.1	40.6	0.00835	0.000278
12:25	30	130	1.2	41.8	0.00244	0.000081
12:55	30	160	0.8	42.6	0.00163	0.000054
13:25	30	190	0.0	42.6	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 146. Exudación de Mezcla de Concreto RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 50% de sustitución,

Cemento=353.46 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
09:25	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:35	10	10	2.2	2.2	0.00448	0.000448
09:45	10	20	6.2	8.4	0.01255	0.001255
09:55	10	30	8.6	16.9	0.01748	0.001748
10:05	10	40	9.0	25.9	0.01833	0.001833
10:35	30	70	14.2	40.1	0.02893	0.000964
11:05	30	100	1.0	41.1	0.00204	0.000068
11:35	30	130	0.6	41.7	0.00122	0.000041
12:05	30	160	0.3	42.0	0.00061	0.000020
12:35	30	190	0.0	42.0	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 147. Exudación de Mezcla de Concreto RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de sustitución,

Cemento=354.81 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial	V1 Acum.		
10:00	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:10	10	10	0.7	0.7	0.00134	0.000134
10:20	10	20	8.1	8.8	0.01658	0.001658
10:30	10	30	8.1	16.9	0.01658	0.001658
10:40	10	40	8.4	25.3	0.01703	0.001703
11:10	30	70	13.9	39.2	0.02832	0.000944
11:40	30	100	2.6	41.8	0.00538	0.000179
12:10	30	130	0.7	42.5	0.00143	0.000048
12:40	30	160	0.4	42.9	0.00081	0.000027
13:10	30	190	0.0	42.9	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 148. Exudación de Mezcla de Concreto RECO+SUST, $a/c=0.65$

Descripción	Unidad	%AFRC / cemento		
		25%AFRC / 352.12	50%AFRC / 353.46	75%AFRC / 354.82
Masa de agua de exudación D	g	42.60	42.00	42.90
Agua de mezclado neta w	kg	6.88	7.08	7.27
Masa total de tanda W	kg	75.00	75.00	75.00
masa de la muestra S	g	28790.00	28570.00	28240.00
Masa del agua en muestra del ensayo $C=(w/W) \times S$	g	2641.00	2697.01	2737.40
%Exudación = $100 \times (D/C)$	%	1.61	1.56	1.57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 149. Exudación de Mezcla de Concreto RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de sustitución,

Cemento=324.83 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
09:28	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:38	10	10	4.6	4.6	0.00941	0.000941
09:48	10	20	7.0	11.7	0.01434	0.001434
09:58	10	30	11.0	22.7	0.02241	0.002241
10:08	10	40	10.3	33.0	0.02106	0.002106
10:38	30	70	21.1	54.1	0.04303	0.001434
11:08	30	100	9.5	63.6	0.01927	0.000642
11:38	30	130	7.1	70.7	0.01446	0.000482
12:08	30	160	1.2	71.9	0.00244	0.000081
12:38	30	190	0.0	71.9	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 150. Exudación de Mezcla de Concreto RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 50% de sustitución,

Cemento=324.83 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
09:39	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:49	10	10	1.1	1.1	0.00220	0.000220
09:59	10	20	2.7	3.8	0.00550	0.000550
10:09	10	30	10.0	13.8	0.02035	0.002035
10:19	10	40	16.2	30.0	0.03300	0.003300
10:49	30	70	24.0	54.0	0.04895	0.001632
11:19	30	100	12.9	66.9	0.02628	0.000876
11:49	30	130	0.8	67.7	0.00165	0.000055
12:19	30	160	0.6	68.3	0.00122	0.000041
12:49	30	190	0.0	68.3	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 151. Exudación de Mezcla de Concreto RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 75% de sustitución,

Cemento=324.83 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial	V1 Acum.		
10:09	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:19	10	10	6.4	6.4	0.01300	0.001300
10:29	10	20	7.5	13.9	0.01536	0.001536
10:39	10	30	8.7	22.6	0.01772	0.001772
10:49	10	40	11.6	34.2	0.02363	0.002363
11:19	30	70	20.6	54.8	0.04197	0.001399
11:49	30	100	7.0	61.8	0.01418	0.000473
12:19	30	130	1.3	63.1	0.00265	0.000088
12:49	30	160	1.0	64.1	0.00204	0.000068
13:19	30	190	0.0	64.1	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 152. Exudación de Mezcla de Concreto RECO+SUST, $a/c=0.70$

Descripción	Unidad	%AFRC / cemento		
		25%AFRC / 324.83	50%AFRC / 326.07	75%AFRC / 327.32
Masa de agua de exudación D	g	71.90	68.30	64.10
Agua de mezclado neta w	kg	6.82	7.02	7.21
Masa total de tanda W	kg	75.00	75.00	75.00
masa de la muestra S	g	29030.00	28730.00	28310.00
Masa del agua en muestra del ensayo $C=(w/W) \times S$	g	2639.79	2689.13	2721.53
%Exudación = $100 \times (D/C)$	%	2.72	2.54	2.36

Fuente: Elaboración propia.

C 3.4. Exudación de mezcla de concreto RECO+ADIT

Tabla A 153. Exudación de Mezcla de Concreto RECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie ($A=483.05\text{cm}^2$) $V=V1/A$ (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
09:08	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:18	10	10	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:28	10	20	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:38	10	30	0.0	0.0	0.00000	0.000000
09:48	10	40	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:18	30	70	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:48	30	100	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:18	30	130	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:48	30	160	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:18	30	190	0.0	0.0	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 154. Exudación de Mezcla de Concreto RECO+ADIT, $a/c=0.65$, Cemento=301.54 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie ($A=483.05\text{cm}^2$) $V=V1/A$ (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
09:53	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:03	10	10	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:13	10	20	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:23	10	30	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:33	10	40	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:03	30	70	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:33	30	100	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:03	30	130	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:33	30	160	0.0	0.0	0.00000	0.000000
13:03	30	190	0.0	0.0	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 155. Exudación de Mezcla de Concreto RECO+ADIT, a/c=0.70, Cemento=277.14 kg/m³

Hora (h:min)	Tiempo (min)		Volumen de agua exudada (ml)		Volumen de Agua exudada por unidad de superficie (A=483.05cm ²) V=V1/A (cm)	Velocidad de exudación (cm/min)
	Parcial	Acum.	Parcial V1	Acum.		
10:25	0	0	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:35	10	10	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:45	10	20	0.0	0.0	0.00000	0.000000
10:55	10	30	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:05	10	40	0.0	0.0	0.00000	0.000000
11:35	30	70	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:05	30	100	0.0	0.0	0.00000	0.000000
12:35	30	130	0.0	0.0	0.00000	0.000000
13:05	30	160	0.0	0.0	0.00000	0.000000
13:35	30	190	0.0	0.0	0.00000	0.000000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 156. Exudación de Mezcla de Concreto RECO+ADIT

Descripción	Unidad	a/c / cemento		
		0.60 / 333.33	0.65 / 301.54	0.70 / 277.14
Masa de agua de exudación D	g	0.00	0.00	0.00
Agua de mezclado neta w	kg	6.23	6.09	6.02
Masa total de tanda W	kg	75.00	75.00	75.00
Masa de la muestra S	g	28180.00	28210.00	28290.00
Masa del agua en muestra del ensayo C=(w/W)xS	g	2340.82	2290.65	2270.74
%Exudación = 100x(D/C)	%	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 157. Exudación de los Diferentes Tipos de Concreto

Tipo de concreto	a/c / %AFRC	Cemento (kg/m ³)	Exudación (%)
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	2.35
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	2.09
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	2.32
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	2.25
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	2.21
RECO+ADIT	0.60 / 100%AFRC	333.33	0.00
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	1.65
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	1.61
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	1.56
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	1.57
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	1.25
RECO+ADIT	0.65 / 100%AFRC	301.54	0.00
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	2.77
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	2.72
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	2.54
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	2.36
RECO	0.70 / 100%AFRC	328.57	2.51
RECO+ADIT	0.70 / 100%AFRC	277.14	0.00

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO C 4. Ensayo de tiempo de fraguado

C 4.1. Tiempo de fragua de mezcla de concreto PATRÓN

Tabla A 158. Tiempo de Fragua de Mezcla de Concreto PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=383.33

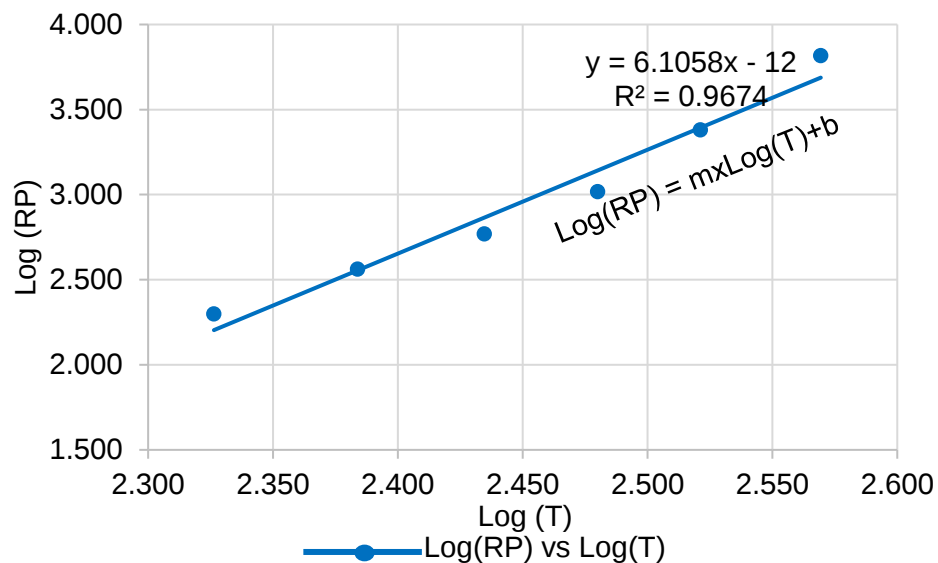
kg/m^3 .

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja	Área de la aguja	Fuerza aplicada	Resistencia a la penetración RP	Log(T)	Log(RP)
h:m	h:m	min	pulg	pulg ²	lb	lb/pulg ²		
08:09	00:00	0						
11:41	03:32	212	1 1/8	0.99	198	199.19	2.326	2.299
12:11	04:02	242	13/16	0.52	189	364.52	2.384	2.562
12:41	04:32	272	9/16	0.25	146	587.51	2.435	2.769
13:11	05:02	302	5/16	0.08	80	1043.04	2.480	3.018
13:41	05:32	332	1/4	0.05	118	2403.88	2.521	3.381
14:20	06:11	371	3/16	0.028	181	6555.20	2.569	3.817

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 18. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

PATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento=383.33 kg/m^3 .



Fuente: Elaboración propia.

La grafica de la Figura A nos muestra una línea recta que es obtenida por análisis de regresión lineal utilizando los logaritmos de resistencia a la penetración Log(RP) y el tiempo Log(T), la ecuación de la línea obtenida es:

$$\text{Log(RP)} = m\text{Log(T)} + b$$

Despejando tenemos:

$$T = 10^{\left(\frac{\text{Log}(\text{RP}) - b}{m}\right)}$$

Con esta ecuación determinamos los TFI y TFF en los cuales la resistencia de penetración RP es igual a 500lb/pulg² y 4000lb/pulg² respectivamente.

En este caso tenemos que $m = 6.1058$ y $b = -12$, reemplazando valores obtenemos el TFI y TFF como se muestra en la Tabla A 159 este procedimiento de cálculo se realiza para cada uno de los tipos de concreto.

Tabla A 159. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

$a/c=0.60$, Cemento=383.33 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	04:15	255.49
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	05:59	359.16

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 160. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$,

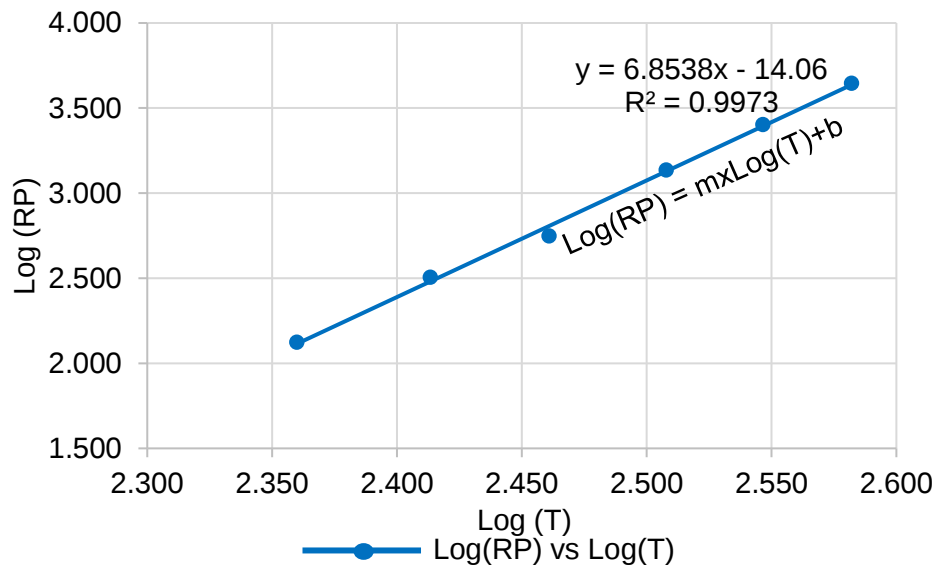
Cemento=350.77 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja	Área de la aguja	Fuerza aplicada	Resistencia a la penetración RP	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:16	00:00	0						
12:05	03:49	229	1 1/8	0.99	132	132.79	2.360	2.123
12:35	04:19	259	13/16	0.52	166	320.16	2.413	2.505
13:05	04:49	289	9/16	0.25	139	559.35	2.461	2.748
13:38	05:22	322	5/16	0.08	105	1368.99	2.508	3.136
14:08	05:52	352	1/4	0.05	124	2526.11	2.547	3.402
14:38	06:22	382	3/16	0.028	122	4418.42	2.582	3.645

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 19. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

PATRÓN, a/c=0.65, Cemento=350.77 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 161. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

a/c=0.65, Cemento=350.77 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	05:34	278.75
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	07:37	377.55

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 162. Tiempo de Fragua de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, a/c=0.70,

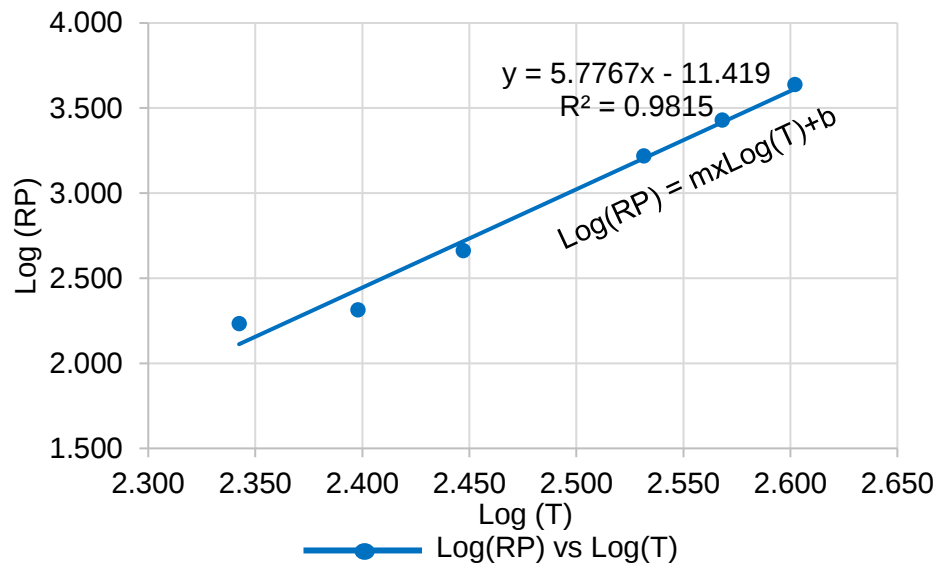
Cemento=327.57 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja	Área de la aguja	Fuerza aplicada	Resistencia a la penetración RP	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:22	00:00							
12:02	03:40	220	1 1/8	0.99	170	171.02	2.342	2.233
12:32	04:10	250	13/16	0.52	107	206.37	2.398	2.315
13:02	04:40	280	9/16	0.25	114	458.74	2.447	2.662
14:02	05:40	340	5/16	0.08	127	1655.82	2.531	3.219
14:32	06:10	370	1/4	0.05	132	2689.08	2.568	3.430
15:02	06:40	400	3/16	0.028	120	4345.99	2.602	3.638

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 20. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T

PATRÓN, a/c=0.70, Cemento=327.57 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 163. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

a/c=0.70, Cemento=327.57 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	04:37	277.94
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	06.38	398.37

Fuente: Elaboración propia.

C 4.2. Tiempo de fragua de mezcla de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO + SUST

Tabla A 164. Tiempo de Fragua de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino

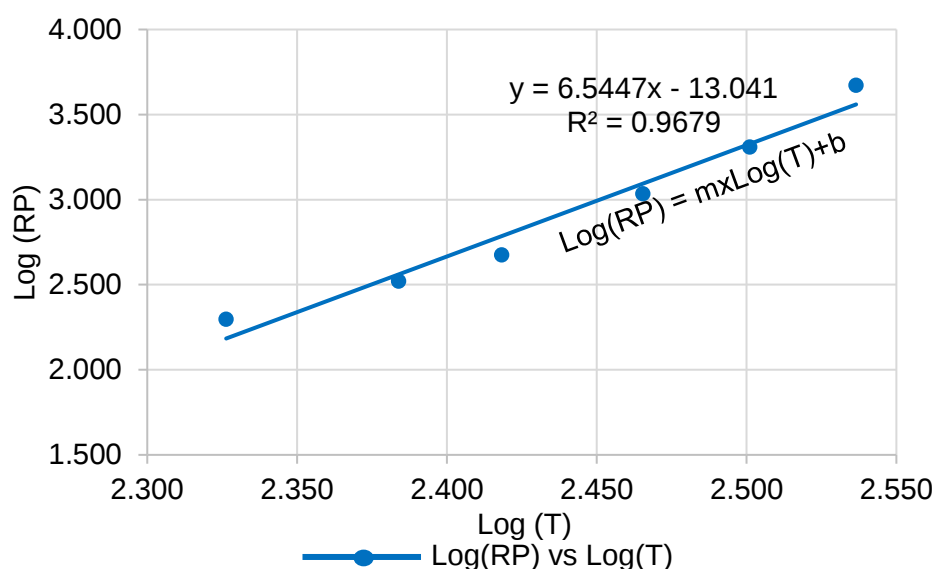
Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 25% de Sustitución, Cemento=385.42 kg/m³

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:34	00:00	0						
12:06	03:32	212	1 1/8	0.99	197	198.19	2.326	2.297
12:36	04:02	242	13/16	0.52	172	331.74	2.384	2.521
12:56	04:22	262	9/16	0.25	118	474.84	2.418	2.677
13:26	04:52	292	5/16	0.08	83	1082.15	2.465	3.034
13:51	05:17	317	1/4	0.05	100	2037.18	2.501	3.309
14:18	05:44	344	3/16	0.028	130	4708.16	2.537	3.673

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 21. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de

RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 25% de Sustitución, Cemento=385.42 kg/m³



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 165. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 25% de Sustitución, Cemento= 385.42 kg/m^3

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	04:14	254.09
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	05:49	349.13

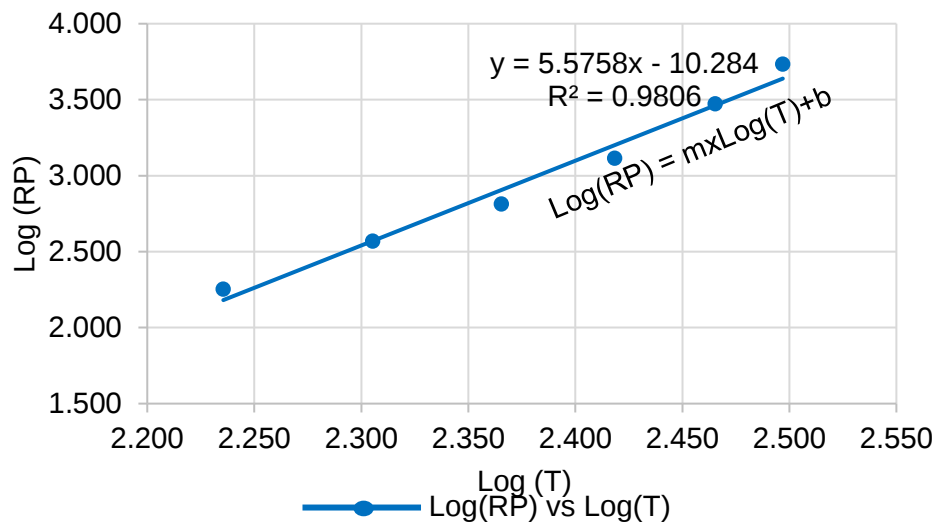
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 166. Tiempo de Fragua de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 50% de Sustitución, Cemento= 387.50 kg/m^3

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
10:27	00:00	0						
13:19	02:52	172	1 1/8	0.99	178	179.07	2.236	2.253
13:49	03:22	202	13/16	0.52	192	370.31	2.305	2.569
14:19	03:52	232	9/16	0.25	162	651.90	2.365	2.814
14:49	04:22	262	5/16	0.08	100	1303.80	2.418	3.115
15:19	04:52	292	1/4	0.05	146	2974.29	2.465	3.473
15:41	05:14	314	3/16	0.028	150	5432.49	2.497	3.735

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 22. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 50% de Sustitución, Cemento= 387.50 kg/m^3



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 167. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 50% de Sustitución, Cemento= 387.50 kg/m^3

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	03:33	213.03
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	05:09	309.33

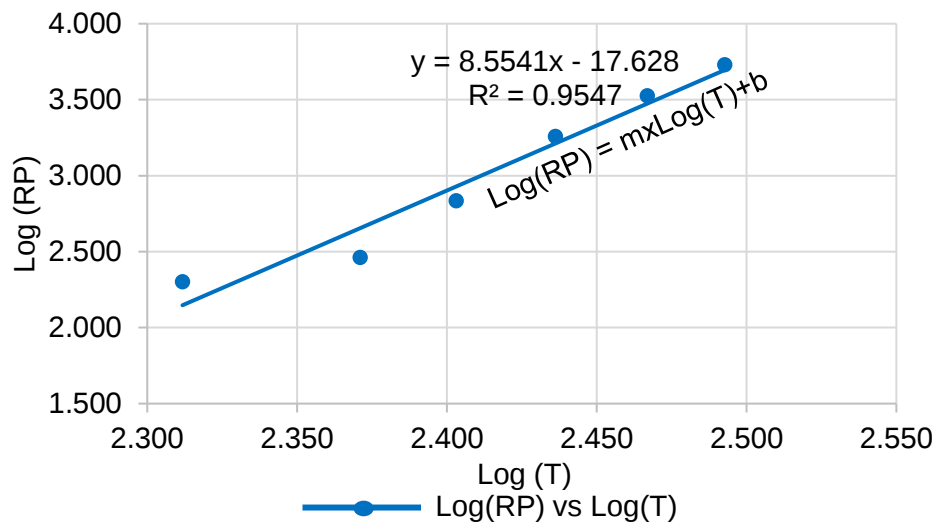
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 168. Tiempo de Fragua de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 75% de Sustitución, Cemento= 389.58 kg/m^3

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
09:07	00:00	0						
12:32	03:25	205	1 1/8	0.99	199	200.20	2.312	2.301
13:02	03:55	235	13/16	0.52	150	289.30	2.371	2.461
13:20	04:13	253	9/16	0.25	170	684.09	2.403	2.835
13:40	04:33	273	5/16	0.08	139	1812.28	2.436	3.258
14:00	04:53	293	1/4	0.05	165	3361.35	2.467	3.527
14:18	05:11	311	3/16	0.028	148	5360.06	2.493	3.729

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 23. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 75% de Sustitución, Cemento= 389.58 kg/m^3



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 169. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, a/c=0.60, con 75% de Sustitución, Cemento=389.58 kg/m³

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	03:57	237.84
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	05:03	303.29

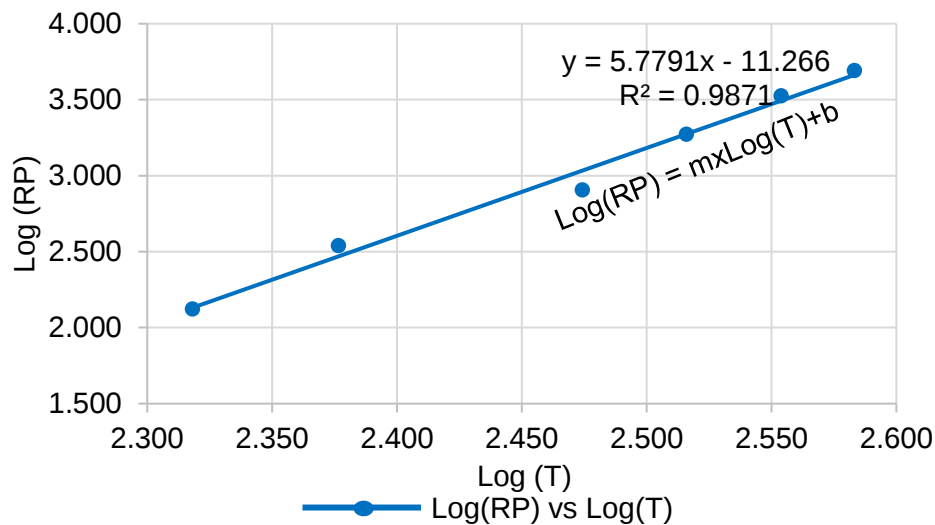
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 170. Tiempo de Fragua de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, a/c=0.65, con 25% de Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
09:34	00:00	0						
13:02	03:28	208	1 1/8	0.99	132	132.79	2.318	2.123
13:32	03:58	238	13/16	0.52	180	347.16	2.377	2.541
14:32	04:58	298	9/16	0.25	200	804.81	2.474	2.906
15:02	05:28	328	5/16	0.08	144	1877.47	2.516	3.274
15:32	05:58	358	1/4	0.05	165	3361.35	2.554	3.527
15:57	06:23	383	3/16	0.028	136	4925.46	2.583	3.692

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 24. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de RECO + SUST, a/c=0.65, con 25% de Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 171. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 25% de Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	04:20	260.89
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	06:13	373.88

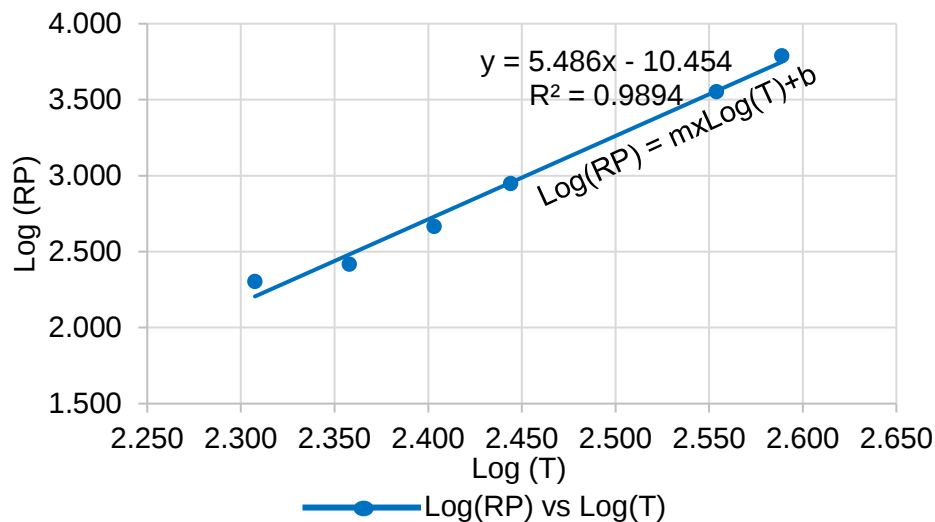
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 172. Tiempo de Fragua de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 50% de Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:34	00:00	0						
11:57	03:23	203	1 1/8	0.99	200	201.20	2.307	2.304
12:22	03:48	228	13/16	0.52	136	262.30	2.358	2.419
12:47	04:13	253	9/16	0.25	115	462.77	2.403	2.665
13:12	04:38	278	5/16	0.08	68	886.58	2.444	2.948
14:32	05:58	358	1/4	0.05	175	3565.07	2.554	3.552
15:02	06:28	388	3/16	0.028	170	6156.82	2.589	3.789

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 25. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 50% de Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 173. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 50% de Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	04:09	249.78
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	06:04	364.90

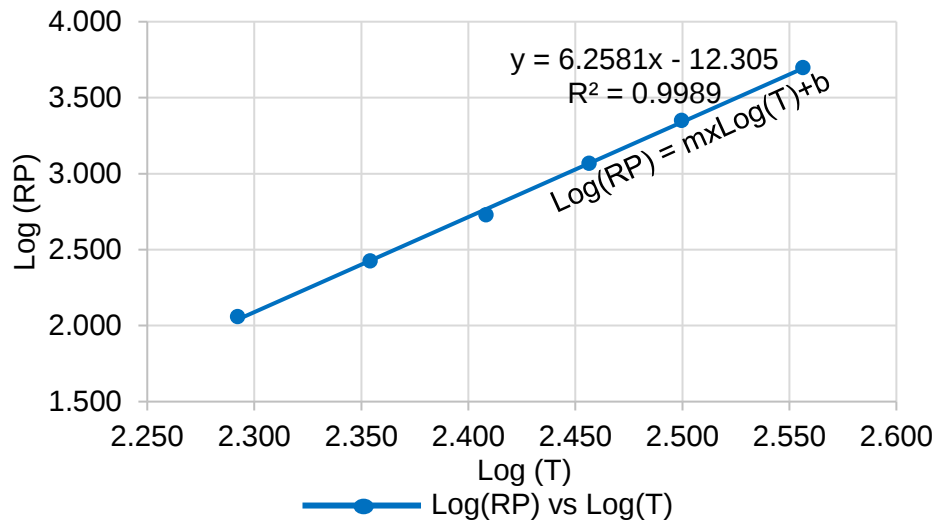
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 174. Tiempo de Fragua de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:52	00:00	0						
12:08	03:16	196	1 1/8	0.99	114	114.69	2.292	2.060
12:38	03:46	226	13/16	0.52	138	266.16	2.354	2.425
13:08	04:16	256	9/16	0.25	133	535.20	2.408	2.729
13:38	04:46	286	5/16	0.08	90	1173.42	2.456	3.069
14:08	05:16	316	1/4	0.05	110	2240.90	2.500	3.350
14:52	06:00	360	3/16	0.028	138	4997.89	2.556	3.699

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 26. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 175. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	04:09	249.76
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	05:48	348.21

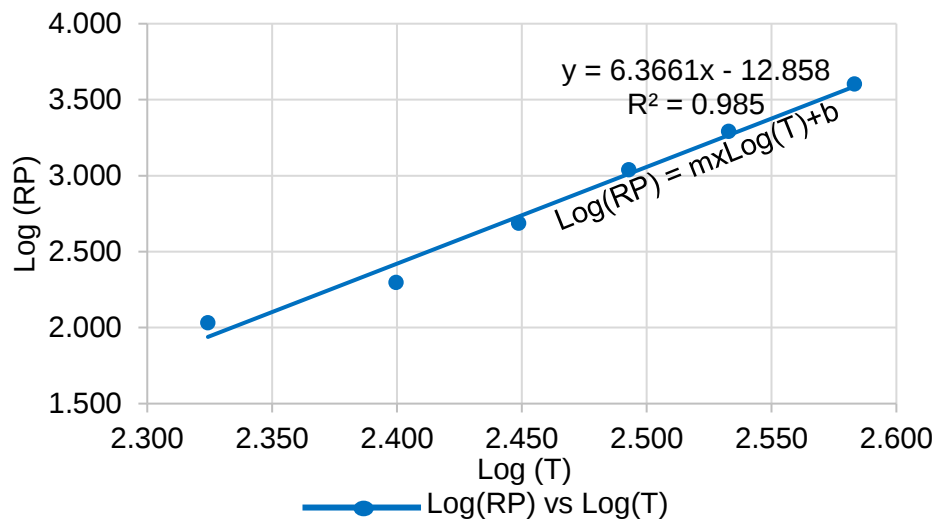
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 176. Tiempo de Fragua de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:28	00:00							
11:59	03:31	211	1 1/8	0.99	107	107.64	2.324	2.032
12:39	04:11	251	13/16	0.52	103	198.66	2.400	2.298
13:09	04:41	281	9/16	0.25	121	486.91	2.449	2.687
13:39	05:11	311	5/16	0.08	84	1095.19	2.493	3.039
14:09	05:41	341	1/4	0.05	96	1955.70	2.533	3.291
14:51	06:23	383	3/16	0.028	111	4020.04	2.583	3.604

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 27. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 177. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	04:37	277.79
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	06:25	385.11

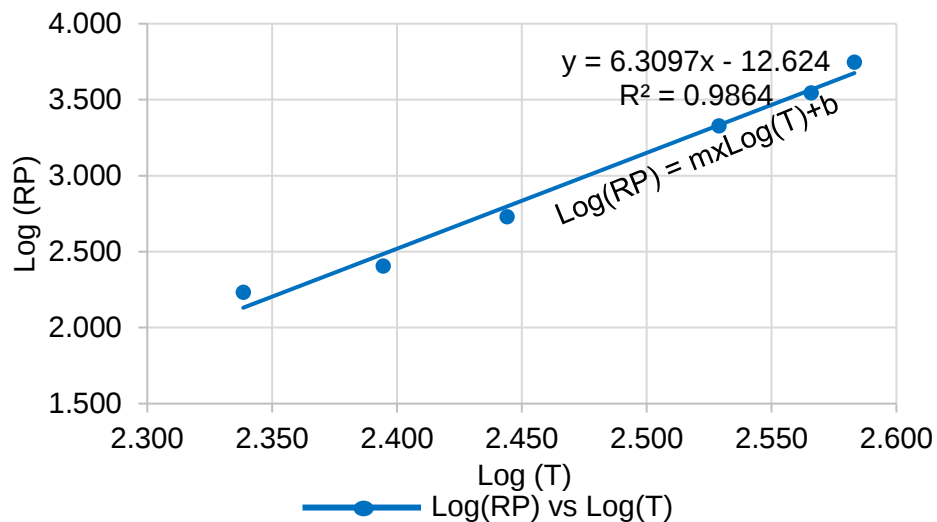
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 178. Tiempo de Fragua de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 50% de Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
08:32	00:00							
12:10	03:38	218	1 1/8	0.99	170	171.02	2.338	2.233
12:40	04:08	248	13/16	0.52	132	254.59	2.394	2.406
13:10	04:38	278	9/16	0.25	133	535.20	2.444	2.729
14:10	05:38	338	5/16	0.08	163	2125.19	2.529	3.327
14:40	06:08	368	1/4	0.05	172	3503.96	2.566	3.545
14:55	06:23	383	3/16	0.028	154	5577.36	2.583	3.746

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 28. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 50% de Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 179. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 50% de Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	04:28	268.21
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	06:12	372.91

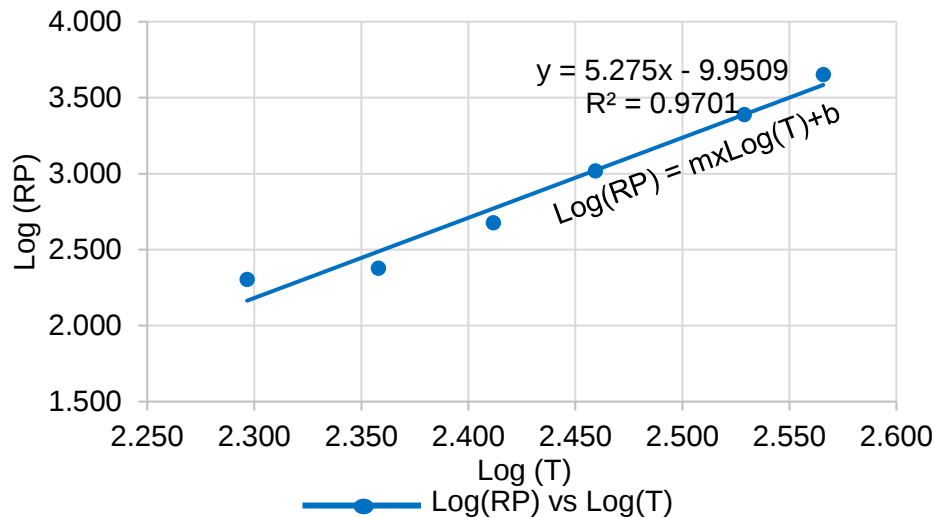
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 180. Tiempo de Fragua de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 75% de Sustitución, Cemento=327.32 kg/m³

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
09:32	00:00							
12:50	03:18	198	1 1/8	0.99	200	201.20	2.297	2.304
13:20	03:48	228	13/16	0.52	124	239.16	2.358	2.379
13:50	04:18	258	9/16	0.25	118	474.84	2.412	2.677
14:20	04:48	288	5/16	0.08	80	1043.04	2.459	3.018
15:10	05:38	338	1/4	0.05	120	2444.62	2.529	3.388
15:40	06:08	368	3/16	0.028	124	4490.86	2.566	3.652

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 29. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 75% de Sustitución, Cemento=327.32 kg/m³



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 181. *Tiempo de Fragua Inicial y Final de Concreto con Porcentaje de Sustitución de Agregado Fino Reciclado Comercial RECO + SUST, a/c=0.70, con 75% de Sustitución, Cemento=327 kg/m³*

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	04:10	250.08
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	06:10	370.92

Fuente: Elaboración propia.

C 4.3. Tiempo de fragua de concreto con agregado fino reciclado comercial RECO

Tabla A 182. Tiempo de Fragua de Mezcla de Concreto con Agregado Fino Reciclado Comercial

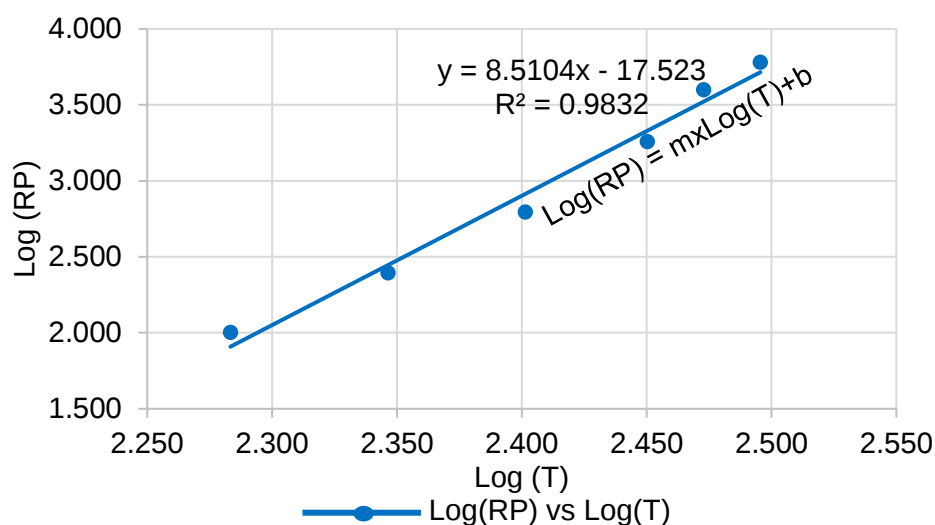
RECO, $a/c=0.60$, Cemento= 391.67 kg/m^3 .

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja	Área de la aguja	Fuerza aplicada	Resistencia a la penetración RP	Log(T)	Log(RP)
h:m	h:m	min	pulg	pulg ²	lb	lb/pulg ²		
11:04	00:00	0						
14:16	03:12	192	1 1/8	0.99	100	100.60	2.283	2.003
14:46	03:42	222	13/16	0.52	129	248.80	2.346	2.396
15:16	04:12	252	9/16	0.25	155	623.73	2.401	2.795
15:46	04:42	282	5/16	0.08	139	1812.28	2.450	3.258
16:01	04:57	297	1/4	0.05	195	3972.51	2.473	3.599
16:17	05:13	313	3/16	0.028	167	6048.17	2.496	3.782

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 30. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de

RECO, $a/c=0.60$, Cemento= 391.67 kg/m^3 .



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 183. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Mezcla de Concreto con Agregado Fino

Reciclado Comercial, $a/c=0.60$, Cemento=391.67 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	03:57	237.77
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	05:03	303.57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 184. Tiempo de Fragua de Mezcla de Concreto con Agregado Fino Reciclado Comercial

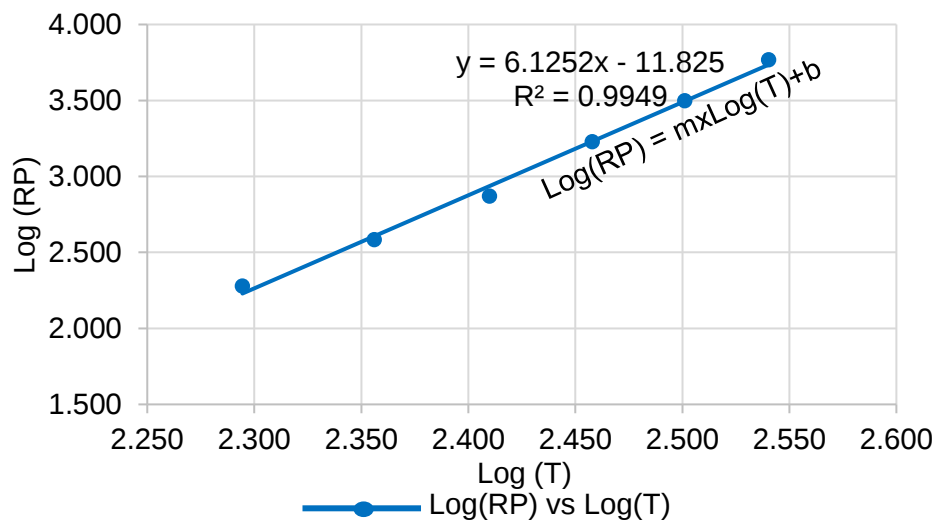
RECO, $a/c=0.65$, Cemento=356.15 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
09:22	00:00	0						
12:39	03:17	197	1 1/8	0.99	189	190.14	2.294	2.279
13:09	03:47	227	13/16	0.52	200	385.74	2.356	2.586
13:39	04:17	257	9/16	0.25	185	744.45	2.410	2.872
14:09	04:47	287	5/16	0.08	130	1694.94	2.458	3.229
14:39	05:17	317	1/4	0.05	155	3157.63	2.501	3.499
15:09	05:47	347	3/16	0.028	162	5867.09	2.540	3.768

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 31. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de

RECO, $a/c=0.65$, Cemento=356.15 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 185. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Mezcla de Concreto con Agregado Fino

Reciclado Comercial, $a/c=0.65$, Cemento=356.15 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	03:55	235.06
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	05:30	330.08

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 186. Tiempo de Fragua de Mezcla de Concreto con Agregado Fino Reciclado Comercial

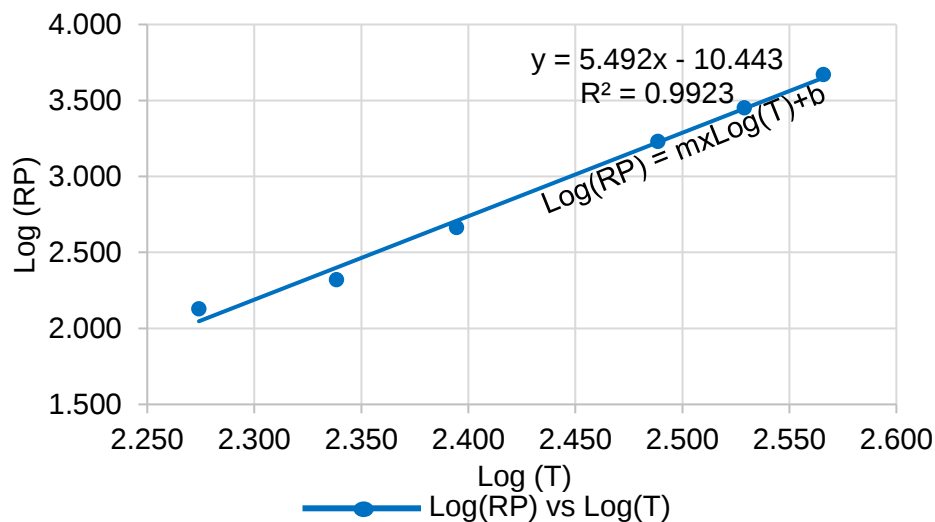
RECO, $a/c=0.70$, Cemento=328.57 kg/m³.

Hora	Tiempo transcurrido T		Diámetro de la aguja pulg	Área de la aguja pulg ²	Fuerza aplicada lb	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	Log(T)	Log(RP)
	h:m	h:m min						
11:10	00:00							
14:18	03:08	188	1 1/8	0.99	134	134.81	2.274	2.130
14:48	03:38	218	13/16	0.52	109	210.23	2.338	2.323
15:18	04:08	248	9/16	0.25	115	462.77	2.394	2.665
16:18	05:08	308	5/16	0.08	131	1707.97	2.489	3.232
16:48	05:38	338	1/4	0.05	139	2831.68	2.529	3.452
17:18	06:08	368	3/16	0.028	130	4708.16	2.566	3.673

Fuente: Elaboración propia.

Figura A 32. Curva Logarítmica de Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de

RECO, $a/c=0.70$, Cemento=328.57 kg/m³.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 187. Tiempo de Fragua Inicial y Final de Mezcla de Concreto con Agregado FinoReciclado Comercial, a/c=0.70, Cemento=328.57 kg/m³.

Descripción	Resistencia a la penetración RP lb/pulg ²	tiempo T	
		h:m	min
Tiempo de Fraguado inicial TFI	500.00	04:07	247.13
Tiempo de Fraguado Final TFF	4000.00	06:00	360.88

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 188. Tiempo de Fragua Inicial y Final de los Diferentes Tipos de Concreto.

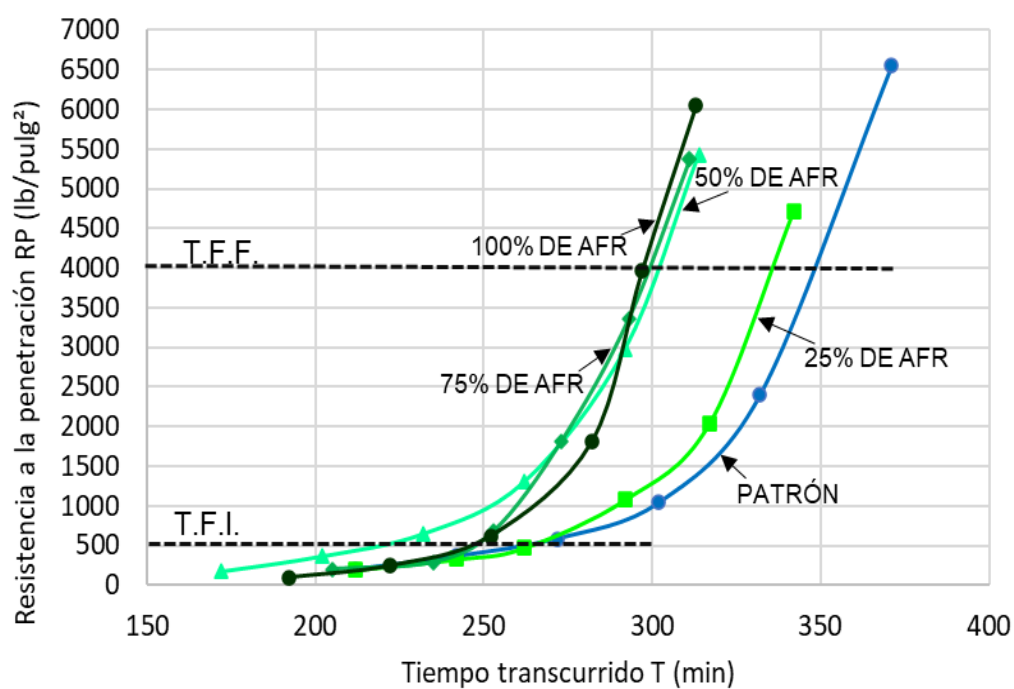
Tipo de concreto	a/c / %AFRC	Cemento kg/m ³	Tiempo de fragua inicial TFI		Tiempo de fragua final TFF	
			h:m	Min	h:m	Min
PATRÓN	0.60 / 0%AFRC	383.33	04:15	255.5	05:59	359.2
RECO+SUST	0.60 / 25%AFRC	385.42	04:14	254.1	05:49	349.1
RECO+SUST	0.60 / 50%AFRC	387.50	03:33	213.0	05:09	309.3
RECO+SUST	0.60 / 75%AFRC	389.58	03:57	237.8	05:03	303.3
RECO	0.60 / 100%AFRC	391.67	03:57	237.8	05:03	303.6
PATRÓN	0.65 / 0%AFRC	350.77	04:38	278.8	06:17	377.6
RECO+SUST	0.65 / 25%AFRC	352.12	04:20	260.9	06:13	373.9
RECO+SUST	0.65 / 50%AFRC	353.46	04:09	249.8	06:04	364.9
RECO+SUST	0.65 / 75%AFRC	354.82	04:09	249.8	05:48	348.2
RECO	0.65 / 100%AFRC	356.15	03:55	235.1	05:30	330.1
PATRÓN	0.70 / 0%AFRC	323.57	04:37	277.9	06:38	398.4
RECO+SUST	0.70 / 25%AFRC	324.83	04:37	277.8	06:25	385.1
RECO+SUST	0.70 / 50%AFRC	326.07	04:28	268.2	06:12	372.9
RECO+SUST	0.70 / 75%AFRC	327.32	04:10	250.1	06:10	370.9
RECO	0.70 / 100%AFRC	328.57	04:07	247.1	06:00	360.9

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura A 33, Figura A 34 y Figura A 35 se presenta las curvas de resistencia a la penetración vs Tiempo transcurrido T de los tipos de concreto para cada a/c respectivamente.

Figura A 33. Resistencia a la Penetración vs Tiempo Transcurrido T de los Tipos de Concreto

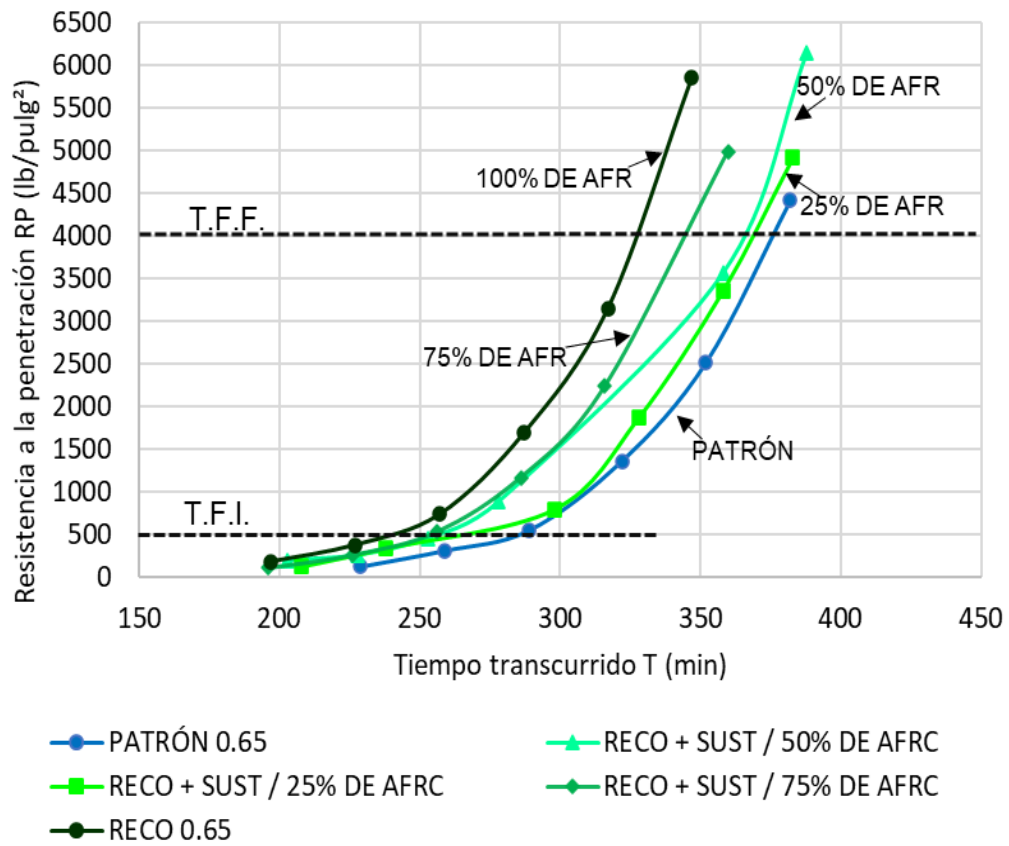
Para $a/c=0.60$



- PATRÓN 0.60
- RECO + SUST / 25% DE AFRC
- RECO 0.60 + 100%
- ▲ RECO + SUST / 50% DE AFRC
- ◆ RECO + SUST / 75% DE AFRC

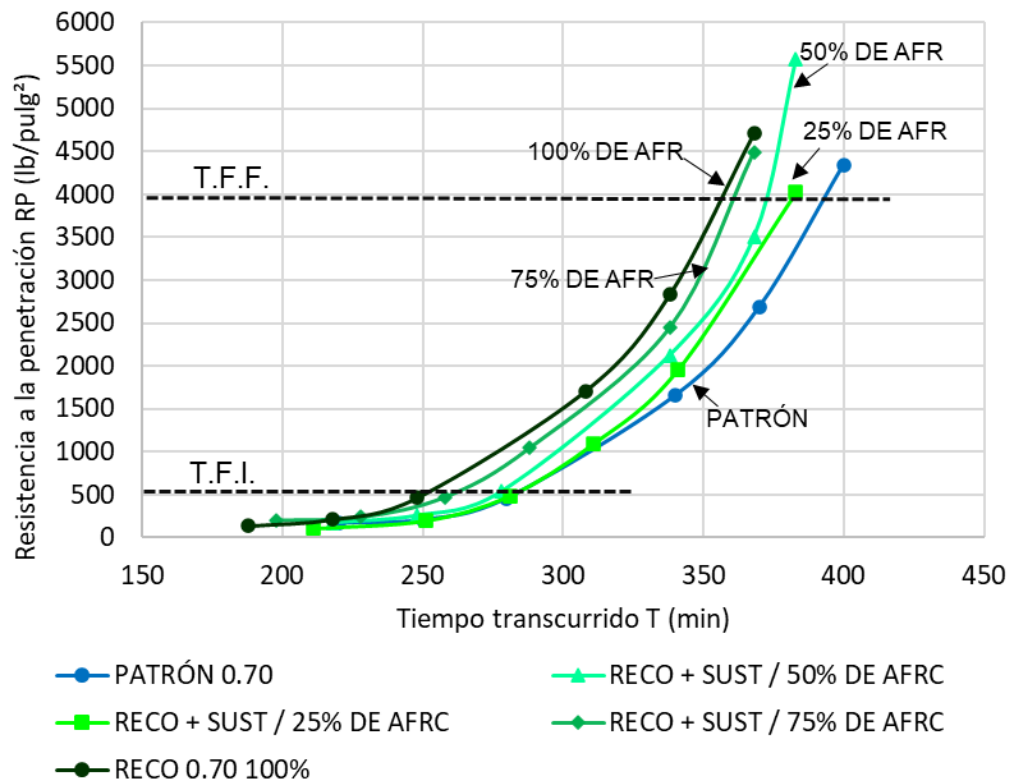
Fuente: Elaboración propia.

Figura A 34. Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de los Diferentes Tipos de Concreto Para $a/c=0.65$



Fuente: Elaboración propia.

Figura A 35. Resistencia a la Penetración RP vs Tiempo Transcurrido T de los Diferentes Tipos de Concreto Para $a/c=0.70$



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO D. Concreto en estado endurecido**ANEXO D 1. Esfuerzo a compresión**

Los resultados del ensayo del esfuerzo de resistencia a la compresión de los tipos de concreto de la investigación fueron sometidos a la prueba estadística de análisis del coeficiente de variación en comparación al permisible y también la evaluación de valores atípicos mediante la prueba de Grubbs. En esta parte se encontraron valores con coeficiente de variación aceptables y ningún valor atípico.

D 1.1. Resistencia a compresión de concreto con agregados naturales PATRÓN**Tabla A 189.** Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,*a/c=0.60, Cemento=383.33 kg/m³, 7 días.*

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.02	9.98	10.00	78.54	22901.00	292
2	10.00	9.99	10.00	78.46	22502.00	287
3	10.05	9.98	10.02	78.78	21470.00	273
4	10.05	10.03	10.04	79.17	22412.00	283
5	10.00	10.01	10.01	78.62	20655.00	263
6	9.985	9.99	9.99	78.34	23120.00	295
f'c promedio (kg/cm²)						282

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 190. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,*a/c=0.60, Cemento=383.33 kg/m³, 28 días*

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.985	9.99	78.34	24329.00	311
2	9.975	9.97	9.97	78.11	26544.00	340
3	9.995	9.96	9.98	78.19	28327.00	362
4	10.16	10.14	10.15	80.91	27823.00	344
5	9.975	9.995	9.99	78.30	28822.00	368
6	10.065	9.98	10.02	78.89	28401.00	360
7	9.98	9.96	9.97	78.07	29804.00	382
8	10	10.02	10.01	78.70	26257.00	334
f'c promedio (kg/cm²)						350

Fuente: Elaboración propia

Tabla A 191. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de PATRÓN,

$a/c=0.60$, Cemento=383.33 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	281.98	350.00
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	12.236	22.529
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	4.34	6.44
Coef. de variación máx. (CV _{máx})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{máx}	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	262.73	310.54
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	1.5728	1.7515
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo ($X_{máx}$)	kg/cm ²	295.12	381.77
$G_{máx}=(X_{máx}-\bar{X})/s$	-	1.0743	1.4102
$G_{máx}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 192. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

$a/c=0.65$, Cemento=350.77 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.96	9.98	78.15	20914.00	268
2	10.01	9.92	9.97	77.99	20711.00	266
3	10.05	10.03	10.04	79.17	21049.00	266
4	10.01	9.98	10.00	78.46	19243.00	245
5	9.99	9.99	9.99	78.38	20251.00	258
6	10.02	9.94	9.98	78.23	21313.00	272
f'c promedio (kg/cm²)						263

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 193. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

$a/c=0.65$, Cemento=350.77 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.19	10.19	10.19	81.55	26002.00	319
2	10.20	10.30	10.25	82.52	25521.00	309
3	10.09	10.06	10.08	79.72	24701.00	310
4	10.15	10.23	10.19	81.55	25391.00	311
5	10.17	10.21	10.19	81.55	25684.00	315
6	10.24	10.26	10.25	82.52	25587.00	310
7	10.11	10.07	10.09	79.96	24921.00	312
8	10.10	10.16	10.13	80.60	25321.00	314
f'c promedio (kg/cm²)						313

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 194. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de PATRÓN,

$a/c=0.65$, Cemento=350.77 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	262.52	312.52
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	9.598	3.256
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	3.66	1.04
Coef. de variación máx. (CV _{máx})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{máx}	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	245.25	309.29
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.7991	0.9933
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo ($x_{máx}$)	kg/cm ²	272.45	318.84
$G_{máx}=(x_{máx}-\bar{X})/s$	-	1.0347	1.9402
$G_{máx}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 195. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

$a/c=0.70$, Cemento=327.57 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.14	10.12	10.13	80.60	20324.00	252
2	10.02	9.95	9.99	78.30	19111.00	244
3	9.99	10	10.00	78.46	19815.00	253
4	10.13	10.12	10.13	80.52	19419.00	241
5	9.98	9.93	9.96	77.83	18984.00	244
6	10.11	10.1	10.11	80.20	18621.00	232
f'c promedio (kg/cm²)						244

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 196. Resistencia a Compresión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN,

$a/c=0.70$, Cemento=327.57 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.19	10.19	10.19	81.55	24221.00	297
2	10.2	10.3	10.25	82.52	23488.00	285
3	10.09	10.06	10.08	79.72	21994.00	276
4	10.15	10.23	10.19	81.55	24082.00	295
5	10.17	10.21	10.19	81.55	23225.00	285
6	10.24	10.26	10.25	82.52	23784.00	288
7	10.11	10.07	10.09	79.96	22955.00	287
8	10.1	10.16	10.13	80.60	22514.00	279
f'c promedio (kg/cm²)						287

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 197. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de PATRÓN,

$a/c=0.70$, Cemento=327.57 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	244.34	286.54
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	7.569	7.183
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	3.10	2.51
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	232.19	275.88
G _{min} =($\bar{X}$ -x _{min})/s	-	1.6053	1.4835
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	252.54	297.00
G _{max} =(x _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.0834	1.4570
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 1.2. Resistencia a compresión de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO + SUST

Tabla A 198. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 25% de Sustitución, Cemento=385.42 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.98	10.02	10.00	78.54	21549.00	274
2	9.96	9.99	9.98	78.15	19987.00	256
3	10.04	10.00	10.02	78.85	22599.00	287
4	10.00	9.97	9.99	78.30	20541.00	262
5	9.97	9.99	9.98	78.23	21658.00	277
6	10.01	9.98	10.00	78.46	20991.00	268
f'c promedio (kg/cm ²)						271

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 199. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 25% de Sustitución, Cemento=385.42 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.98	9.94	9.96	77.91	26419.00	339
2	9.99	9.97	9.98	78.23	24658.00	315
3	9.97	9.97	9.97	78.07	24902.00	319
4	9.99	10.00	10.00	78.46	25211.00	321
5	9.96	10.00	9.98	78.23	24519.00	313
6	9.97	10.05	10.01	78.70	24998.00	318
7	10.01	9.99	10.00	78.54	26354.00	336
8	9.99	10.03	10.01	78.70	25239.00	321
f'c promedio (kg/cm ²)						323

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 200. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO + SUST,

a/c=0.60, con 25% de Sustitución, Cemento=385.42 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	270.57	322.74
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	11.021	9.414
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	4.07	2.92
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	255.76	313.44
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.3440	0.9881
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	286.59	339.08
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.4535	1.7354
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 201. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.60, con 50% de

Sustitución, Cemento=387.50 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.96	9.98	9.97	78.07	19869.00	255
2	9.97	9.99	9.98	78.23	20854.00	267
3	10.01	10.01	10.01	78.70	19619.00	249
4	10.00	10.03	10.02	78.78	19952.00	253
5	9.96	10.04	10.00	78.54	21549.00	274
6	9.99	10.02	10.01	78.62	20899.00	266
f'c promedio (kg/cm²)						261

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 202. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 50% de Sustitución, Cemento=387.50 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.98	9.98	9.98	78.23	24123.00	308
2	10.00	9.99	10.00	78.46	23814.00	304
3	9.98	10.02	10.00	78.54	25084.00	319
4	9.98	9.99	9.99	78.30	24501.00	313
5	9.95	9.99	9.97	78.07	23895.00	306
6	10.05	10.02	10.04	79.09	25321.00	320
7	10.01	9.96	9.99	78.30	24888.00	318
8	10.00	10.03	10.02	78.78	24441.00	310
f'c promedio (kg/cm²)						312

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 203. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 50% de Sustitución, Cemento=387.50 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	260.65	312.31
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	9.709	6.306
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	3.72	2.02
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	249.30	303.51
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.1685	1.3954
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	274.37	320.15
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.4136	1.2432
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 204. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.60, con 75% de Sustitución, Cemento=389.58 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.94	9.96	9.95	77.76	18954.00	244
2	9.97	9.98	9.98	78.15	19742.00	253
3	9.95	10.00	9.98	78.15	20654.00	264
4	10.00	9.95	9.98	78.15	19505.00	250
5	9.96	10.03	10.00	78.46	21125.00	269
6	9.98	10.01	10.00	78.46	20854.00	266
f'c promedio (kg/cm²)						258

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 205. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.60, con 75% de Sustitución, Cemento=389.58 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.00	10.00	10.00	78.54	23995.00	306
2	10.00	10.00	10.00	78.54	22684.00	289
3	10.00	10.00	10.00	78.54	22967.00	292
4	9.98	10.00	9.99	78.38	22811.00	291
5	9.97	9.99	9.98	78.23	24158.00	309
6	9.99	10.02	10.01	78.62	23896.00	304
7	10	10.04	10.02	78.85	22992.00	292
8	9.98	9.99	9.99	78.30	23998.00	306
f'c promedio (kg/cm²)						299

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 206. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO + SUST,

a/c=0.60, con 75% de Sustitución, Cemento=389.58 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	257.55	298.57
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	10.274	8.309
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	3.99	2.78
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	243.76	288.82
G _{min} =($\bar{X}$ -x _{min})/s	-	1.3420	1.1738
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	269.24	308.82
G _{max} =(x _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.1379	1.2331
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 207. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.65, con 25% de

Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.98	10.01	10.00	78.46	18965.00	242
2	9.99	9.99	9.99	78.38	19035.00	243
3	9.97	10.00	9.99	78.30	20733.00	265
4	10.00	10.00	10.00	78.54	20312.00	259
5	9.98	10	9.99	78.38	20424.00	261
6	10.01	10	10.01	78.62	19358.00	246
f'c promedio (kg/cm²)						252

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 208. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 25% de Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10	9.98	9.99	78.38	22364.00	285
2	9.99	9.98	9.99	78.30	23766.00	304
3	9.96	9.99	9.98	78.15	24017.00	307
4	9.99	9.99	9.99	78.38	23955.00	306
5	9.97	9.99	9.98	78.23	22789.00	291
6	10.01	10	10.01	78.62	24111.00	307
7	10	9.98	9.99	78.38	23401.00	299
8	9.99	10.03	10.01	78.70	23991.00	305
f'c promedio (kg/cm²)						300

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 209. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 25% de Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	252.46	300.40
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	10.020	8.084
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	3.97	2.69
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	241.71	285.32
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.0727	1.8651
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	264.77	307.33
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.2287	0.8576
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 210. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 50% de Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.97	9.94	9.96	77.83	17358.00	223
2	9.96	9.93	9.95	77.68	18339.00	236
3	9.95	9.94	9.95	77.68	17773.00	229
4	9.95	9.95	9.95	77.76	17986.00	231
5	9.98	10.05	10.02	78.78	18211.00	231
6	10.01	9.95	9.98	78.23	18555.00	237
f'c promedio (kg/cm²)						231

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 211. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 50% de Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.97	10	9.99	78.30	20237.00	258
2	9.94	9.98	9.96	77.91	22002.00	282
3	10.00	10.00	10.00	78.54	21604.00	275
4	9.99	9.99	9.99	78.38	19899.00	254
5	9.95	10.07	10.01	78.70	21905.00	278
6	10.06	10.01	10.04	79.09	22108.00	280
7	9.96	9.99	9.98	78.15	21529.00	275
8	10	9.97	9.99	78.30	19996.00	255
f'c promedio (kg/cm²)						270

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 212. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO + SUST,*a/c=0.65, con 50% de Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³*

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	231.27	269.81
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	5.152	11.819
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	2.23	4.38
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	223.01	253.87
G _{min} =($\bar{X}$ -x _{min})/s	-	1.6022	1.3489
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	237.20	282.39
G _{max} =(x _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.1519	1.0642
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 213. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.65, con 75% de*Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³, 7 días.*

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.02	10.01	10.02	78.78	17851.00	227
2	9.96	9.99	9.98	78.15	16826.00	215
3	9.95	10.02	9.99	78.30	15997.00	204
4	10.00	10.02	10.01	78.70	17786.00	226
5	10.00	9.98	9.99	78.38	16971.00	217
6	9.98	10.04	10.01	78.70	17987.00	229
f'c promedio (kg/cm²)						220

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 214. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.97	9.98	9.98	78.15	21555.00	276
2	9.98	10.00	9.99	78.38	20744.00	265
3	9.97	10.00	9.99	78.30	19979.00	255
4	9.96	10.00	9.98	78.23	19057.00	244
5	10.02	9.97	10.00	78.46	21852.00	279
6	10.04	9.98	10.01	78.70	20881.00	265
7	9.99	10.00	10.00	78.46	19957.00	254
8	9.97	10.02	10.00	78.46	20400.00	260
f'c promedio (kg/cm²)						262

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 215. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	219.55	262.18
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	9.304	11.521
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	4.24	4.39
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	204.29	243.61
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.6399	1.6117
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	228.56	278.51
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	0.9686	1.4177
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 216. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.97	10.04	10.01	78.62	18637.00	237
2	9.95	9.99	9.97	78.07	18661.00	239
3	9.98	9.96	9.97	78.07	18724.00	240
4	9.94	9.97	9.96	77.83	19250.00	247
5	9.98	10.03	10.01	78.62	19386.00	247
6	9.97	10.01	9.99	78.38	18701.00	239
f'c promedio (kg/cm ²)						241

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 217. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.00	10.00	10.00	78.54	21980.00	280
2	10.00	10.00	10.00	78.54	20987.00	267
3	10.20	10.00	10.10	80.12	21699.00	271
4	10.00	10.00	10.00	78.54	20891.00	266
5	9.99	10.50	10.25	82.44	21944.00	266
6	9.96	10.03	10.00	78.46	22123.00	282
7	9.99	10.01	10.00	78.54	21657.00	276
8	10.01	9.98	10.00	78.46	22010.00	281
f'c promedio (kg/cm ²)						274

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 218. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO + SUST,

a/c=0.70, con 25% de Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	241.40	273.54
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	4.397	6.789
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	1.82	2.48
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	237.06	265.99
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	0.9878	1.1122
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	247.32	281.96
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.3457	1.2400
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 219. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.70, con 50% de

Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.96	9.98	9.97	78.07	16559.00	212
2	9.93	9.99	9.96	77.91	15888.00	204
3	9.96	9.98	9.97	78.07	16798.00	215
4	9.98	10.00	9.99	78.38	16994.00	217
5	9.97	10.02	10.00	78.46	17589.00	224
6	10.01	9.96	9.99	78.30	17787.00	227
f'c promedio (kg/cm²)						217

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 220. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 50% de Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.98	9.98	9.98	78.23	18792.00	240
2	9.97	9.99	9.98	78.23	19940.00	255
3	9.98	10.00	9.99	78.38	18954.00	242
4	9.99	10.00	10.00	78.46	21101.00	269
5	9.98	10.02	10.00	78.54	20796.00	265
6	9.96	10.04	10.00	78.54	20974.00	267
7	9.99	9.97	9.98	78.23	21029.00	269
8	9.96	10.02	9.99	78.38	19897.00	254
f'c promedio (kg/cm²)						258

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 221. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 50% de Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	216.56	257.55
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	8.386	11.758
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	3.87	4.57
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	203.92	240.23
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.5067	1.4727
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	227.15	268.94
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.2634	0.9690
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 222. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 75% de Sustitución, Cemento=327.32 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.98	9.99	9.99	78.30	16425.00	210
2	9.97	10.02	10.00	78.46	17013.00	217
3	10.02	10.01	10.02	78.78	15993.00	203
4	10.04	9.99	10.02	78.78	16886.00	214
5	10.01	9.97	9.99	78.38	15799.00	202
6	9.99	10.03	10.01	78.70	16884.00	215
f'c promedio (kg/cm²)						210

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 223. Resistencia a Compresión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 75% de Sustitución, Cemento=327.32 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.98	9.97	9.98	78.15	19775.00	253
2	9.97	9.97	9.97	78.07	18901.00	242
3	9.98	9.97	9.98	78.15	19559.00	250
4	9.94	9.93	9.94	77.52	18979.00	245
5	9.96	10.05	10.01	78.62	20044.00	255
6	9.99	10.03	10.01	78.70	19456.00	247
7	10.02	9.99	10.01	78.62	18856.00	240
8	10.01	9.97	9.99	78.38	20119.00	257
f'c promedio (kg/cm²)						249

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 224. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO + SUST,

a/c=0.70, con 75% de Sustitución, Cemento=327.32 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	210.01	248.62
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	6.423	6.133
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	3.06	2.47
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	201.56	239.84
G _{min} =($\bar{X}$ -x _{min})/s	-	1.3158	1.4317
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	216.83	256.68
G _{max} =(x _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.0615	1.3143
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 1.3. Resistencia a compresión de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial RECO

Tabla A 225. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino Reciclado

Comercial RECO, a/c=0.60, Cemento=391.67 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	10.00	10.00	78.46	20598.00	263
2	9.97	10.03	10.00	78.54	19790.00	252
3	10.10	10.05	10.08	79.72	20222.00	254
4	9.99	10.07	10.03	79.01	19901.00	252
5	10.13	10.13	10.13	80.56	20576.0	255
6	10.22	10.20	10.21	81.83	21155.00	259
f'c promedio (kg/cm²)						256

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 226. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino Reciclado

Comercial RECO, a/c=0.60, Cemento=391.67 kg/m³, 28 días

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	9.99	9.99	78.34	22564.00	288
2	9.98	9.97	9.97	78.11	23109.00	296
3	10.00	9.96	9.98	78.19	23840.00	305
4	10.16	10.14	10.15	80.91	22852.00	282
5	9.98	10.00	9.99	78.30	23504.00	300
6	10.07	9.98	10.02	78.89	24008.00	304
7	9.98	9.96	9.97	78.07	23416.00	300
8	10.00	10.02	10.01	78.70	22212.00	282
f'c promedio (kg/cm²)						295

Fuente: Elaboración propia

Tabla A 227. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO, a/c=0.60,

Cemento=391.67 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	255.66	294.73
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	4.177	9.303
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	1.63	3.16
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	251.87	282.25
G _{min} =($\bar{X}$ -x _{min})/s	-	0.9070	1.3418
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	262.52	304.91
G _{max} =(x _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.6429	1.0941
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 228. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino RecicladoComercial, $a/c=0.65$, Cemento= 356.15 kg/m^3 , 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.96	10.05	10.01	78.62	17427.00	222
2	9.98	10.01	10.00	78.46	15978.00	204
3	10.04	9.97	10.01	78.62	16358.00	208
4	10.05	9.99	10.02	78.85	16963.00	215
5	9.99	10.03	10.01	78.70	17320.00	220
6	10.02	9.95	9.99	78.30	17981.00	230
f'c promedio (kg/cm ²)						216

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 229. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino RecicladoComercial, $a/c=0.65$, Cemento= 356.15 kg/m^3 , 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.08	9.95	10.02	78.78	19549.00	248
2	9.96	9.99	9.98	78.15	20059.00	257
3	9.98	10.03	10.01	78.62	21002.00	267
4	10.01	10.03	10.02	78.85	19877.00	252
5	10.09	9.96	10.03	78.93	20356.00	258
6	9.99	9.98	9.99	78.30	20541.00	262
7	10.05	9.97	10.01	78.70	18953.00	241
8	9.97	10.03	10.00	78.54	20020.00	255
f'c promedio (kg/cm ²)						255

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 230. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO, $a/c=0.65$,

Cemento=356.15 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	216.37	255.00
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	9.489	8.177
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	4.39	3.21
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	203.64	240.84
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.3414	1.7317
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	229.63	267.14
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.3976	1.4847
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 231. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino Reciclado

Comercial, $a/c=0.70$, Cemento=328.57 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.07	9.96	10.02	78.78	15316.00	194
2	9.94	10.01	9.98	78.15	16852.00	216
3	9.98	10.06	10.02	78.85	15841.00	201
4	10.03	9.99	10.01	78.70	15501.00	197
5	10.01	10.00	10.01	78.62	17106.00	218
6	9.99	10.05	10.02	78.85	15943.00	202
f'c promedio (kg/cm²)						205

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 232. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino RecicladoComercial, $a/c=0.70$, Cemento= 328.57 kg/m^3 , 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.99	10.02	10.01	78.62	18415.00	234
2	10.06	9.98	10.02	78.85	17501.00	222
3	10.08	9.96	10.02	78.85	19123.00	243
4	9.94	10.03	9.99	78.30	18799.00	240
5	9.97	10.01	9.99	78.38	19367.00	247
6	10.02	10.00	10.01	78.70	18956.00	241
7	10.04	9.99	10.02	78.78	17984.00	228
8	9.98	10.00	9.99	78.38	18456.00	235
f'c promedio (kg/cm²)						236

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 233. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO, $a/c=0.70$,Cemento= 328.57 kg/m^3

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	204.62	236.31
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	9.712	8.153
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	4.75	3.45
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	194.43	221.94
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.0487	1.7622
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	217.58	247.08
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.3349	1.3213
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 1.4. Resistencia a compresión de mezcla de concreto con agregado fino reciclado comercial y aditivo superplastificante RECO + ADIT

Tabla A 234. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino Reciclado

Comercial y Aditivo Superplastificante RECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.92	10.05	9.99	78.30	24859.00	317
2	9.95	10.02	9.99	78.30	25456.00	325
3	10.00	9.96	9.98	78.23	25888.00	331
4	10.00	10.03	10.02	78.78	23966.00	304
5	10.01	9.95	9.98	78.23	25412.00	325
6	9.98	10.01	10.00	78.46	24239.00	309
f'c promedio (kg/cm ²)						319

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 235. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino Reciclado

Comercial y Aditivo Superplastificante RECO+ADIT, $a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.93	10.05	9.99	78.38	29570.00	377
2	10.00	9.96	9.98	78.23	27977.00	358
3	9.98	10.00	9.99	78.38	29004.00	370
4	9.97	10.06	10.02	78.78	28904.00	367
5	10.01	10.05	10.03	79.01	28766.00	364
6	9.97	9.99	9.98	78.23	27875.00	356
7	10.04	9.96	10.00	78.54	29864.00	380
8	10.00	9.96	9.98	78.23	29388.00	376
f'c promedio (kg/cm ²)						369

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 236. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO+ADIT,

$a/c=0.60$, Cemento=333.33 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	318.59	368.52
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	10.342	8.914
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	3.25	2.42
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	304.23	356.34
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.3881	1.3665
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	330.94	380.24
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.1947	1.3147
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 237. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino Reciclado

Comercial y Aditivo Superplastificante RECO+ADIT, $a/c=0.65$, Cemento=301.54 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	9.92	10.03	9.98	78.15	20846.00	267
2	9.97	10.00	9.99	78.30	19587.00	250
3	10.05	10.01	10.03	79.01	19923.00	252
4	10.00	9.95	9.98	78.15	20224.00	259
5	9.95	10.01	9.98	78.23	21059.00	269
6	9.96	10.02	9.99	78.38	20428.00	261
f'c promedio (kg/cm²)						260

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 238. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino Reciclado Comercial y Aditivo Superplastificante RECO+ADIT, $a/c=0.65$, Cemento=301.54 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.05	9.94	10.00	78.46	24186.00	308
2	10.01	10.00	10.01	78.62	24865.00	316
3	9.94	10.00	9.97	78.07	23940.00	307
4	10.00	9.98	9.99	78.38	25178.00	321
5	10.00	9.97	9.99	78.30	25397.00	324
6	10.03	10.00	10.02	78.78	25688.00	326
7	10.04	10.00	10.02	78.85	24556.00	311
8	10.05	9.96	10.01	78.62	25077.00	319
f'c promedio (kg/cm²)						317

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 239. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO+ADIT, $a/c=0.65$, Cemento=301.54 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	259.61	316.65
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	7.618	7.297
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	2.93	2.30
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	250.14	306.65
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.2431	1.3705
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	269.21	326.09
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.2602	1.2938
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 240. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino RecicladoComercial y Aditivo Superplastificante RECO+ADIT, $a/c=0.70$, Cemento=277.14 kg/m³, 7 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.00	10.05	10.03	78.93	16896.00	214
2	10.01	9.99	10.00	78.54	18546.00	236
3	9.95	10.00	9.98	78.15	16550.00	212
4	9.96	10.01	9.99	78.30	17569.00	224
5	10.00	9.97	9.99	78.30	17896.00	229
6	9.94	10.02	9.98	78.23	18255.00	233
f'c promedio (kg/cm ²)						225

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 241. Resistencia a Compresión de Mezcla de Concreto con Agregado Fino RecicladoComercial y Aditivo Superplastificante RECO+ADIT, $a/c=0.70$, Cemento=277.14 kg/m³, 28 días.

N.º	D1 (cm)	D2 (cm)	Dp (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)
1	10.00	9.94	9.97	78.07	22009.00	282
2	10.05	9.98	10.02	78.78	22876.00	290
3	9.94	10.00	9.97	78.07	20894.00	268
4	10.06	10.00	10.03	79.01	21746.00	275
5	9.99	10.06	10.03	78.93	21102.00	267
6	10.02	9.95	9.99	78.30	22524.00	288
7	10.04	9.96	10.00	78.54	21954.00	280
8	9.95	10.06	10.01	78.62	21300.00	271
f'c promedio (kg/cm ²)						278

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 242. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Compresión de RECO+ADIT,

$a/c=0.70$, Cemento=277.14 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	224.71	277.58
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	10.011	8.798
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	4.46	3.17
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	10.60	10.60
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	211.78	267.34
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.2913	1.1635
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	236.14	290.39
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.1421	1.4565
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO D 2. Esfuerzo a la tracción

Los resultados del ensayo del esfuerzo de resistencia a la tracción de los tipos de concreto de la investigación fueron sometidos a la prueba estadística de análisis del coeficiente de variación en comparación al permisible y también la evaluación de valores atípicos mediante la prueba matemática de Grubbs.

D 2.1. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN

Tabla A 243. Resistencia a la Tracción de Mezcla de Concreto con Agregados NaturalesPATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento= 383.33 kg/m^3 , 7 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.76	9.87	10.18	9.94	20.62	20.65	20.64	10217	31.7
2	9.84	10.02	10.10	9.99	20.69	20.71	20.70	9901	30.5
3	9.75	10.01	10.19	9.98	20.56	20.66	20.61	10006	31.0
4	9.79	9.95	10.08	9.94	20.51	20.69	20.60	9742	30.3
5	9.82	9.96	10.14	9.97	20.71	20.60	20.66	10102	31.2
6	9.88	10.00	10.15	10.01	20.66	20.55	20.61	9924	30.6
T Promedio(kg/cm²)									30.89

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 244. Resistencia a la Tracción de Mezcla de Concreto con Agregados NaturalesPATRÓN, $a/c=0.60$, Cemento= 383.33 kg/m^3 , 28 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.74	9.99	10.15	9.96	20.66	20.67	20.67	12852	39.8
2	9.77	9.95	10.10	9.94	20.72	20.70	20.71	11678	36.1
3	9.73	10.02	10.17	9.97	20.77	20.75	20.76	11883	36.5
4	9.78	9.95	10.12	9.95	20.69	20.81	20.75	11591	35.7
5	9.75	10.00	10.10	9.95	20.80	20.77	20.79	10955	33.7
6	9.74	9.92	10.13	9.93	20.78	20.69	20.74	11978	37.0
7	9.74	9.93	10.10	9.92	20.68	20.80	20.74	11486	35.5
8	9.81	9.98	10.19	9.99	20.74	20.63	20.69	11779	36.3
T Promedio(kg/cm²)									36.34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 245. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de PATRÓN, $a/c=0.60$,

Cemento=383.33 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	30.89	36.34
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.527	1.694
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	1.71	4.66
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	30.29	33.72
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.1284	1.5463
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	31.72	39.75
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.5836	2.0143
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 246. Resistencia a la Tracción de Mezcla de Concreto con Agregados Naturales

PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento=350.77 kg/m³, 7 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.71	9.99	10.19	9.96	20.59	20.67	20.63	9570	29.6
2	9.76	10.02	10.24	10.01	20.66	20.59	20.63	7925	24.5
3	9.75	9.96	10.21	9.97	20.74	20.76	20.75	8946	27.5
4	9.75	10.00	10.22	9.99	20.70	20.62	20.66	9332	28.8
5	9.77	9.97	10.21	9.98	20.61	20.72	20.67	9012	27.8
6	9.78	9.99	10.19	9.99	20.75	20.70	20.73	8327	25.6
T Promedio(kg/cm²)									27.30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 247. Resistencia a la Tracción de Mezcla de Concreto con Agregados Naturales

PATRÓN, $a/c=0.65$, Cemento= 350.77 kg/m^3 , 28 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.72	9.96	10.18	9.95	20.56	20.72	20.64	10003	31.0
2	9.71	9.98	10.18	9.96	20.65	20.72	20.69	10245	31.7
3	9.72	9.95	10.21	9.96	20.88	20.62	20.75	9825	30.3
4	9.72	9.97	10.21	9.97	20.70	20.70	20.70	11030	34.0
5	9.73	9.98	10.25	9.99	20.47	20.56	20.51	9513	29.6
6	9.76	10.02	10.22	10.00	20.75	20.59	20.67	11214	34.5
7	9.74	9.99	10.19	9.97	20.66	20.80	20.73	9721	29.9
8	9.70	10.01	10.20	9.97	20.74	20.68	20.71	11658	35.9
T Promedio(kg/cm²)									32.12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 248. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de PATRÓN, $a/c=0.65$,

Cemento= 350.77 kg/m^3

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	27.30	32.12
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.948	2.400
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	7.14	7.47
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	24.45	29.56
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	1.4644	1.0655
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X_{max})	kg/cm ²	29.64	35.94
$G_{max}=(X_{max}-\bar{X})/s$	-	1.1992	1.5926
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 249. Resistencia a la Tracción de Mezcla de Concreto con Agregados Naturales

PATRÓN, a/c=0.70, Cemento=327.57 kg/m³, 7 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.75	10.04	10.19	9.99	20.76	20.65	20.71	7466	23.0
2	9.78	10.08	10.22	10.03	20.69	20.81	20.75	8524	26.1
3	9.80	10.00	10.23	10.01	20.73	20.74	20.74	9008	27.6
4	9.79	9.97	10.25	10.00	20.76	20.68	20.72	7144	21.9
5	9.77	9.96	10.20	9.98	20.71	20.69	20.70	8354	25.8
6	9.80	10.01	10.21	10.01	20.66	20.79	20.73	8124	24.9
T Promedio(kg/cm²)									24.89

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 250. Resistencia a la Tracción de Mezcla de Concreto con Agregados Naturales

PATRÓN, a/c=0.70, Cemento=327.57 kg/m³, 28 días

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.77	9.99	10.24	10.00	20.72	20.70	20.71	10379	31.9
2	9.79	9.97	10.18	9.98	20.77	20.81	20.79	9820	30.1
3	9.80	9.98	10.19	9.99	20.68	20.66	20.67	8525	26.3
4	9.76	10.03	10.21	10.00	20.80	20.73	20.77	9456	29.0
5	9.76	10.02	10.25	10.01	20.72	20.69	20.71	10450	32.1
6	9.78	10.00	10.22	10.00	20.65	20.66	20.66	8975	27.7
7	9.77	9.97	10.19	9.98	20.69	20.77	20.73	10278	31.6
8	9.76	10.01	10.23	10.00	20.75	20.71	20.73	10068	30.9
T Promedio(kg/cm²)									29.95

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 251. *Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de*

PATRÓN, a/c=0.70, Cemento=327.57 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	24.89	29.95
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.100	2.136
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	8.44	7.13
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	21.94	26.28
G _{min} =($\bar{X}$ -x _{min})/s	-	1.4022	1.7202
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	27.63	32.10
G _{max} =(x _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.3070	1.0049
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 2.2. Resistencia a la tracción de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO + SUST

Tabla A 252. *Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.60, con 25% de*

Sustitución, Cemento=385.42 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.77	9.98	10.17	9.97	20.59	20.67	20.63	9483	29.3
2	9.80	10.00	10.16	9.99	20.66	20.59	20.63	8410	26.0
3	9.75	10.00	10.16	9.97	20.74	20.76	20.75	8946	27.5
4	9.78	10.02	10.18	9.99	20.70	20.62	20.66	9332	28.8
5	9.76	9.96	10.22	9.98	20.61	20.72	20.67	9275	28.6
6	9.76	10.00	10.20	9.99	20.75	20.70	20.73	8988	27.6
T Promedio(kg/cm²)									27.99

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 253. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 25% de Sustitución, Cemento=385.42 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.79	10.00	10.21	10.00	20.69	20.64	20.67	10566	32.6
2	9.75	10.01	10.18	9.98	20.77	20.70	20.74	11025	33.9
3	9.75	9.94	10.15	9.95	20.80	20.59	20.70	10241	31.7
4	9.77	9.96	10.16	9.96	20.72	20.61	20.67	11313	35.0
5	9.76	9.98	10.16	9.97	20.60	20.72	20.66	9897	30.6
6	9.79	9.94	10.20	9.98	20.63	20.79	20.71	11501	35.4
7	9.78	9.99	10.19	9.99	20.74	20.66	20.70	9754	30.0
8	9.74	10.00	10.18	9.97	20.68	20.81	20.75	11702	36.0
T Promedio(kg/cm²)									33.15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 254. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 25% de Sustitución, Cemento=385.42 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	27.99	33.15
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.199	2.271
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	4.29	6.85
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	25.99	30.04
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.6636	1.3702
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	29.34	36.01
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.1299	1.2590
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 255. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.60, con 50% de Sustitución, Cemento=387.50 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.76	9.98	10.23	9.99	20.79	20.80	20.80	9006	27.6
2	9.70	9.98	10.15	9.94	20.66	20.65	20.66	8360	25.9
3	9.76	10.01	10.20	9.99	20.81	20.72	20.77	9424	28.9
4	9.73	9.96	10.19	9.96	20.80	20.70	20.75	7801	24.0
5	9.75	9.99	10.18	9.97	20.75	20.75	20.75	8550	26.3
6	9.77	10.00	10.18	9.98	20.69	20.69	20.69	7425	22.9
T Promedio(kg/cm²)									25.94

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 256. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.60, con 50% de Sustitución, Cemento=387.50 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.74	9.98	10.24	9.99	20.73	20.73	20.73	8543	26.3
2	9.71	9.96	10.22	9.96	20.77	20.75	20.76	9230	28.4
3	9.73	10.00	10.20	9.98	20.79	20.77	20.78	10440	32.1
4	9.74	9.95	10.17	9.95	20.76	20.70	20.73	9825	30.3
5	9.77	9.96	10.21	9.98	20.66	20.71	20.69	10555	32.6
6	9.75	10.01	10.18	9.98	20.69	20.76	20.73	10401	32.0
7	9.74	9.97	10.21	9.97	20.75	20.74	20.75	10369	31.9
8	9.73	10.02	10.19	9.98	20.78	20.78	20.78	9988	30.7
T Promedio(kg/cm²)									30.52

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 257. *Dispersión y Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO +*

SUST, a/c=0.60, con 50% de Sustitución, Cemento=387.50 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	25.94	30.52
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.226	2.179
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	8.58	7.14
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	22.88	26.27
G _{min} =($\bar{X}$ -x _{min})/s	-	1.3746	1.9520
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	28.92	32.55
G _{max} =(x _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.3386	0.9307
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 258. *Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.60, con 75% de*

Sustitución, Cemento=389.58 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.72	9.96	10.23	9.97	20.77	20.78	20.78	8078	24.8
2	9.70	9.94	10.23	9.96	20.81	20.79	20.80	7645	23.5
3	9.73	9.96	10.19	9.96	20.64	20.80	20.72	9004	27.8
4	9.72	9.98	10.23	9.98	20.82	20.84	20.83	8010	24.5
5	9.74	9.99	10.18	9.97	20.74	20.65	20.70	7237	22.3
6	9.72	10.01	10.21	9.98	20.79	20.71	20.75	7103	21.8
T Promedio(kg/cm²)									24.14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 259. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 75% de Sustitución, Cemento=389.58 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.74	9.99	10.30	10.01	20.72	20.70	20.71	9789	30.1
2	9.73	9.96	10.20	9.96	20.73	20.77	20.75	9475	29.2
3	9.73	9.99	10.25	9.99	20.65	20.68	20.67	8609	26.6
4	9.71	9.97	10.30	9.99	20.66	20.69	20.68	8457	26.1
5	9.75	10.02	10.28	10.02	20.71	20.65	20.68	9356	28.8
6	9.73	10.00	10.19	9.97	20.70	20.71	20.71	10690	33.0
7	9.73	9.98	10.25	9.99	20.68	20.73	20.71	10095	31.1
8	9.74	9.97	10.23	9.98	20.75	20.66	20.71	9997	30.8
T Promedio(kg/cm²)									29.43

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 260. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 75% de Sustitución, Cemento=389.58 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	24.14	29.43
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.140	2.319
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	8.87	7.88
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	21.83	26.06
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	1.0769	1.4534
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X_{max})	kg/cm ²	27.78	32.96
$G_{max}=(X_{max}-\bar{X})/s$	-	1.7029	1.5224
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 261. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 25% de Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.71	9.93	10.24	9.96	20.66	20.63	20.65	8929	27.6
2	9.70	9.96	10.24	9.97	20.67	20.74	20.70	9655	29.8
3	9.73	9.99	10.19	9.97	20.61	20.61	20.61	8441	26.2
4	9.72	9.98	10.20	9.97	20.75	20.74	20.74	8629	26.6
5	9.69	10.00	10.19	9.96	20.68	20.66	20.67	8128	25.1
6	9.71	10.02	10.23	9.99	20.73	20.80	20.77	8007	24.6
T Promedio(kg/cm²)									26.64

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 262. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 25% de Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.75	9.99	10.28	10.01	20.62	20.68	20.65	10427	32.1
2	9.74	9.99	10.17	9.97	20.62	20.62	20.62	9721	30.1
3	9.75	9.98	10.27	10.00	20.60	20.52	20.56	10512	32.6
4	9.74	9.99	10.22	9.98	20.68	20.74	20.71	10470	32.2
5	9.72	10.02	10.21	9.98	20.71	20.70	20.71	10785	33.2
6	9.75	9.97	10.25	9.99	20.79	20.62	20.71	9685	29.8
7	9.76	10.00	10.24	10.00	20.67	20.80	20.74	9955	30.6
8	9.74	10.01	10.22	9.99	20.77	20.71	20.74	9812	30.2
T Promedio(kg/cm²)									31.35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 263. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO + SUST,

a/c=0.65, con 25% de Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	26.64	31.35
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.881	1.325
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	7.06	4.23
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (X _{min})	kg/cm ²	24.58	29.81
G _{min} =($\bar{X}$ -X _{min})/s	-	1.0969	1.1582
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X _{max})	kg/cm ²	29.79	33.22
G _{max} =(X _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.6729	1.4148
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 264. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.65, con 50% de

Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.70	9.97	10.19	9.95	20.63	20.56	20.60	6789	21.1
2	9.80	9.99	10.24	10.01	20.70	20.68	20.69	7768	23.9
3	9.73	10.00	10.21	9.98	20.77	20.72	20.75	8023	24.7
4	9.79	10.04	10.27	10.03	20.65	20.72	20.69	7360	22.6
5	9.75	9.98	10.25	9.99	20.71	20.66	20.69	6325	19.5
6	9.78	9.99	10.19	9.99	20.77	20.75	20.76	8159	25.1
T Promedio(kg/cm²)									22.79

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 265. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 50% de Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.75	10.01	10.19	9.98	20.48	20.46	20.47	8215	25.6
2	9.71	9.98	10.24	9.98	20.40	20.51	20.46	8693	27.1
3	9.72	9.97	10.20	9.96	20.51	20.51	20.51	9725	30.3
4	9.73	10.00	10.20	9.98	20.52	20.54	20.53	9109	28.3
5	9.75	9.99	10.21	9.98	20.50	20.46	20.48	8304	25.9
6	9.71	9.95	10.19	9.95	20.55	20.40	20.48	9028	28.2
7	9.72	9.98	10.23	9.98	20.65	20.71	20.68	8411	26.0
8	9.75	9.97	10.22	9.98	20.70	20.59	20.65	8755	27.1
T Promedio(kg/cm²)									27.30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 266. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 50% de Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	22.79	27.30
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.178	1.593
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	9.56	5.84
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	19.48	25.59
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.5204	1.0727
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	25.05	30.30
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.0368	1.8840
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 267. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.74	9.97	10.27	9.99	20.81	20.64	20.73	7655	23.5
2	9.76	9.96	10.25	9.99	20.77	20.75	20.76	6943	21.3
3	9.74	9.96	10.28	9.99	20.68	20.80	20.74	7389	22.7
4	9.77	10.01	10.25	10.01	20.80	20.71	20.76	6783	20.8
5	9.76	9.98	10.29	10.01	20.71	20.69	20.70	6551	20.1
6	9.75	10.00	10.27	10.01	20.68	20.79	20.74	6389	19.6
T Promedio(kg/cm²)									21.34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 268. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.74	9.97	10.28	9.99	20.84	20.83	20.83	9055	27.7
2	9.73	9.98	10.26	9.99	20.76	20.76	20.76	8501	26.1
3	9.75	9.97	10.24	9.99	20.65	20.67	20.66	7985	24.7
4	9.71	9.98	10.29	9.99	20.66	20.75	20.70	9621	29.6
5	9.70	9.99	10.29	9.99	20.74	20.65	20.70	7825	24.1
6	9.71	10.00	10.28	10.00	20.69	20.77	20.73	7799	24.0
7	9.70	9.97	10.28	9.98	20.71	20.68	20.70	8227	25.4
8	9.72	10.01	10.27	10.00	20.77	20.73	20.75	8790	27.0
T Promedio(kg/cm²)									26.05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 269. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO + SUST,

$a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	21.34	26.05
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.513	1.959
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	7.09	7.52
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	19.60	23.96
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.1508	1.0680
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	23.53	29.61
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.4460	1.8157
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 270. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de

Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.72	10.05	10.17	9.98	20.65	20.69	20.67	7626	23.5
2	9.75	10.04	10.20	10.00	20.95	20.93	20.94	7316	22.3
3	9.74	10.00	10.18	9.97	20.87	20.81	20.84	8273	25.3
4	9.74	10.00	10.18	9.97	20.88	20.83	20.86	7147	21.9
5	9.76	9.98	10.24	9.99	20.69	20.77	20.73	8430	25.9
6	9.73	10.01	10.20	9.98	20.72	20.80	20.76	8570	26.3
T Promedio(kg/cm²)									24.21

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 271. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.77	9.98	10.21	9.99	20.60	20.55	20.58	10039	31.10
2	9.73	10.10	10.21	10.01	20.79	20.97	20.88	9461	28.81
3	9.70	10.00	10.29	10.00	20.71	20.84	20.78	8676	26.59
4	9.70	9.97	10.28	9.98	20.57	20.64	20.61	9715	30.07
5	9.73	10.15	10.26	10.05	20.75	20.86	20.81	9882	30.10
6	9.75	9.99	10.24	9.99	20.67	20.81	20.74	9691	29.77
7	9.74	9.97	10.21	9.97	20.70	20.77	20.74	8853	27.25
8	9.70	10.05	10.23	9.99	20.76	20.69	20.73	9966	30.63
T Promedio(kg/cm²)									29.29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 272. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	24.21	29.29
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.916	1.615
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	7.92	5.51
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	21.88	26.59
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.2133	1.6722
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	26.33	31.10
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.1089	1.1210
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 273. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 50% de Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.73	9.96	10.27	9.99	20.70	20.67	20.69	7602	23.4
2	9.72	9.97	10.23	9.97	20.74	20.56	20.65	7474	23.1
3	9.71	9.95	10.26	9.97	20.66	20.59	20.63	7375	22.8
4	9.70	9.95	10.20	9.95	20.85	20.70	20.78	7946	24.5
5	9.69	9.98	10.24	9.97	20.77	20.69	20.73	6323	19.5
6	9.74	9.96	10.26	9.99	20.81	20.75	20.78	6106	18.7
T Promedio(kg/cm²)									22.01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 274. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 50% de Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.76	9.96	10.19	9.97	20.75	20.69	20.72	9453	29.1
2	9.75	9.97	10.20	9.97	20.89	20.80	20.85	8052	24.7
3	9.71	9.93	10.31	9.98	20.65	20.66	20.66	7852	24.2
4	9.71	9.98	10.25	9.98	20.57	20.72	20.65	8929	27.6
5	9.72	9.99	10.27	9.99	20.62	20.78	20.70	8369	25.8
6	9.74	9.96	10.21	9.97	20.78	20.67	20.73	8573	26.4
7	9.75	9.96	10.29	10.00	20.70	20.80	20.75	9277	28.5
8	9.73	9.98	10.20	9.97	20.67	20.71	20.69	7970	24.6
T Promedio(kg/cm²)									26.36

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 275. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO + SUST,

a/c=0.70, con 50% de Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	22.01	26.36
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.328	1.869
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	10.58	7.09
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	18.73	24.24
G _{min} =($\bar{X}$ -x _{min})/s	-	1.4078	1.1326
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	24.47	29.13
G _{max} =(x _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.0583	1.4844
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 276. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.70, con 75% de

Sustitución, Cemento=327.32 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.73	9.97	10.19	9.96	20.61	20.59	20.60	7425	23.0
2	9.69	9.99	10.23	9.97	20.74	20.64	20.69	6580	20.3
3	9.72	10.01	10.21	9.98	20.79	20.75	20.77	5790	17.8
4	9.70	9.97	10.24	9.97	20.62	20.78	20.70	6787	20.9
5	9.72	9.98	10.20	9.97	20.80	20.66	20.73	7369	22.7
6	9.71	9.97	10.20	9.96	20.75	20.80	20.78	5976	18.4
T Promedio(kg/cm²)									20.53

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 277. Resistencia a la Tracción de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 75% de Sustitución, Cemento=327.32 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.72	9.96	10.20	9.96	20.57	20.57	20.57	7750	24.1
2	9.73	9.96	10.22	9.97	20.66	20.59	20.63	7690	23.8
3	9.72	9.97	10.27	9.99	20.55	20.62	20.59	8524	26.4
4	9.73	9.94	10.25	9.97	20.64	20.69	20.67	8384	25.9
5	9.69	9.95	10.22	9.95	20.71	20.80	20.76	7986	24.6
6	9.72	9.96	10.25	9.98	20.59	20.72	20.66	6926	21.4
7	9.73	9.96	10.23	9.97	20.63	20.65	20.64	8478	26.2
8	9.72	9.98	10.22	9.97	20.74	20.71	20.73	7876	24.3
T Promedio(kg/cm²)									24.59

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 278. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 75% de Sustitución, Cemento=327.32 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	20.53	24.59
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.162	1.639
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	10.53	6.67
Coef. de variación max. (CV_{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = $INV.T(1-vs;gl)$ (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	17.78	21.40
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	1.2707	1.9433
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X_{max})	kg/cm ²	23.03	26.40
$G_{max}=(X_{max}-\bar{X})/s$	-	1.1581	1.1074
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 2.3. Resistencia a la tracción de concreto con agregado fino reciclado comercial RECO

Tabla A 279. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregado Fino Reciclado Comercial

RECO, a/c=0.60, Cemento=391.67 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.77	9.96	10.19	9.97	20.69	20.78	20.74	6843	21.1
2	9.80	10.00	10.21	10.00	20.66	20.80	20.73	8496	26.1
3	9.80	10.01	10.17	9.99	20.77	20.65	20.71	7857	24.2
4	9.81	10.03	10.19	10.01	20.80	20.71	20.76	7367	22.6
5	9.79	9.98	10.18	9.98	20.63	20.81	20.72	8008	24.7
6	9.77	9.99	10.20	9.99	20.75	20.73	20.74	8075	24.8
T Promedio(kg/cm²)									23.89

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 280. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregado Fino Reciclado Comercial

RECO, a/c=0.60, Cemento=391.67 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.75	9.98	10.18	9.97	20.72	20.81	20.77	9848	30.3
2	9.79	10.01	10.21	10.00	20.80	20.69	20.75	10046	30.8
3	9.77	9.99	10.19	9.98	20.66	20.77	20.72	9656	29.7
4	9.77	10.02	10.20	10.00	20.59	20.79	20.69	8956	27.6
5	9.80	9.97	10.21	9.99	20.70	20.68	20.69	8676	26.7
6	9.75	10.01	10.17	9.98	20.72	20.79	20.76	8828	27.1
7	9.78	10.00	10.19	9.99	20.67	20.80	20.74	8326	25.6
8	9.81	9.97	10.20	9.99	20.69	20.78	20.74	10359	31.8
T Promedio(kg/cm²)									28.71

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 281. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO, $a/c=0.60$,

Cemento=391.67 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	23.89	28.71
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.939	2.242
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	8.11	7.81
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	21.06	25.59
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	1.4606	1.3908
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X_{max})	kg/cm ²	26.08	31.83
$G_{max}=(X_{max}-\bar{X})/s$	-	1.1288	1.3930
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 282. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregado Fino Reciclado Comercial

RECO, $a/c=0.65$, Cemento=356.15 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.75	10.01	10.17	9.98	20.67	20.81	20.74	6760	20.8
2	9.74	10.02	10.20	9.99	20.77	20.71	20.74	6588	20.3
3	9.79	10.00	10.21	10.00	20.80	20.62	20.71	7499	23.1
4	9.75	9.99	10.19	9.98	20.65	20.67	20.66	5890	18.2
5	9.76	9.98	10.19	9.98	20.74	20.77	20.76	7159	22.0
6	9.76	9.99	10.17	9.97	20.69	20.69	20.69	6952	21.5
T Promedio(kg/cm²)									20.96

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 283. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregado Fino Reciclado ComercialRECO, $a/c=0.65$, Cemento=356.15 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.74	10.00	10.23	9.99	20.76	20.81	20.79	9022	27.7
2	9.77	10.00	10.18	9.98	20.68	20.77	20.73	7770	23.9
3	9.76	10.02	10.20	9.99	20.80	20.69	20.75	8321	25.6
4	9.77	9.96	10.19	9.97	20.59	20.78	20.69	7850	24.2
5	9.78	9.97	10.17	9.97	20.77	20.71	20.74	8257	25.4
6	9.81	10.00	10.18	10.00	20.75	20.79	20.77	8519	26.1
7	9.77	10.01	10.19	9.99	20.66	20.74	20.70	8722	26.9
8	9.75	10.01	10.20	9.99	20.58	20.66	20.62	7965	24.6
T Promedio(kg/cm²)									25.54

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 284. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO, $a/c=0.65$,Cemento=356.15 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	20.96	25.54
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.668	1.299
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	7.96	5.09
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	18.19	23.91
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.6595	1.2569
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	23.05	27.66
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.2539	1.6303
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 285. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregado Fino Reciclado Comercial

RECO, a/c=0.70, Cemento=328.57 kg/m³, 7 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.79	10.03	10.21	10.01	20.64	20.68	20.66	6413	19.7
2	9.78	9.98	10.18	9.98	20.72	20.75	20.74	5925	18.2
3	9.81	10.00	10.22	10.01	20.75	20.77	20.76	5870	18.0
4	9.81	9.99	10.19	10.00	20.67	20.72	20.70	7026	21.6
5	9.79	9.98	10.20	9.99	20.75	20.79	20.77	7325	22.5
6	9.80	9.98	10.22	10.00	20.70	20.73	20.72	6650	20.4
T Promedio(kg/cm²)									20.08

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 286. Resistencia a la Tracción de Concreto con Agregado Fino Reciclado Comercial

RECO, a/c=0.70, Cemento=328.57 kg/m³, 28 días.

N.º	Diámetro (cm)				Longitud (cm)			Carga kg	T kg/cm ²
	d1	d2	d3	dp	l1	l2	lp		
1	9.77	10.02	10.22	10.00	20.66	20.69	20.68	8406	25.9
2	9.79	10.00	10.18	9.99	20.73	20.76	20.75	8746	26.9
3	9.76	9.98	10.19	9.98	20.74	20.77	20.76	7714	23.7
4	9.77	10.00	10.20	9.99	20.64	20.69	20.67	7114	21.9
5	9.78	10.00	10.20	9.99	20.59	20.69	20.64	6899	21.3
6	9.80	9.97	10.18	9.98	20.78	20.68	20.73	7502	23.1
7	9.80	10.01	10.21	10.01	20.65	20.67	20.66	8006	24.7
8	9.76	9.98	10.17	9.97	20.80	20.65	20.73	8214	25.3
T Promedio(kg/cm²)									24.09

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 287. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Tracción de RECO, $a/c=0.70$,

Cemento=328.57 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	8
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	20.08	24.09
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.801	1.939
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	8.97	8.05
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	14.00	14.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00625
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	6
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.5212
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	2.0317
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	17.98	21.29
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.1673	1.4447
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	22.48	26.87
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.3320	1.4331
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO D 3. Esfuerzo a la flexión

Los resultados del ensayo del esfuerzo de resistencia a la flexión de los tipos de concreto de la investigación fueron sometidos a la prueba estadística de análisis del coeficiente de variación en comparación al permisible y también la evaluación de valores atípicos mediante la prueba de Grubbs.

D 3.1. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN

Tabla A 288. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$,
Cemento=383.33 kg/m³, 7 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.40	15.25	15.35	15.33	15.45	15.25	15.35	15.35	45	3050	38.0
2	15.20	15.25	15.20	15.22	15.25	15.20	15.25	15.23	45	2965	37.8
3	15.35	15.15	15.15	15.22	15.15	15.45	15.40	15.33	45	2645	33.5
4	15.15	15.10	15.20	15.15	15.20	15.20	15.25	15.22	45	3105	40.0
5	14.95	15.10	15.15	15.07	15.20	15.10	15.10	15.13	45	2745	36.0
6	15.20	14.90	15.15	15.08	15.10	15.15	15.30	15.18	45	2875	37.5
Mr promedio (Kg/cm2)											37.1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 289. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.60$,
Cemento=383.33 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	14.95	15.05	15.10	15.03	15.35	15.30	15.30	15.32	45	3505	45.6
2	15.10	15.10	15.15	15.12	15.30	15.25	15.25	15.27	45	2985	38.5
3	14.90	15.05	15.10	15.02	15.20	15.25	15.00	15.15	45	3365	44.3
4	15.10	15.05	15.10	15.08	15.40	15.35	15.35	15.37	45	3415	44.0
5	14.95	14.90	15.05	14.97	15.20	15.10	15.10	15.13	45	3260	43.3
6	15.20	15.15	15.15	15.17	15.35	15.40	15.40	15.38	45	3195	40.6
Mr promedio (Kg/cm2)											42.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 290. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión PATRÓN, $a/c=0.60$,
 $\text{cemento}=383.33 \text{ kg/m}^3$

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	37.13	42.71
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.193	2.632
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	5.91	6.16
Coef. de variación max. ($CV_{\max}$)	%	16.00	16.00
Aceptabilidad $CV < CV_{\max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor critico = $INV.T(1-\alpha;gl)$ (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{\text{crit}} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo ($X_{\min}$)	kg/cm ²	33.52	38.50
$G_{\min} = (\bar{X} - X_{\min})/s$	-	1.6454	1.5977
$G_{\min} < G_{\text{crit}}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo ($X_{\max}$)	kg/cm ²	40.01	45.56
$G_{\max} = (X_{\max} - \bar{X})/s$	-	1.3101	1.0847
$G_{\max} < G_{\text{crit}}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 291. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$,
 $\text{Cemento}=350.77 \text{ kg/m}^3$, 7 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.05	15.00	15.10	15.05	15.35	15.35	15.30	15.33	45	2945	38.2
2	15.10	15.10	15.15	15.12	15.45	15.40	15.45	15.43	45	2585	33.0
3	15.20	15.15	15.20	15.18	15.05	15.15	15.15	15.12	45	3020	39.0
4	14.90	14.90	15.00	14.93	15.25	15.20	15.30	15.25	45	2575	34.1
5	15.10	15.15	15.15	15.13	15.55	15.50	15.55	15.53	45	2675	33.8
6	15.05	15.05	15.10	15.07	15.40	15.45	15.45	15.43	45	2795	35.9
Mr promedio (Kg/cm2)											35.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 292. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.65$,Cemento=350.77 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg _f	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.15	15.05	15.05	15.08	15.10	15.05	15.05	15.07	45	3165	41.6
2	15.10	15.10	15.05	15.08	15.35	15.40	15.40	15.38	45	2755	35.4
3	14.95	14.90	14.90	14.92	15.25	15.20	15.25	15.23	45	2995	39.8
4	15.00	15.05	15.05	15.03	15.30	15.30	15.40	15.33	45	3095	40.2
5	14.90	15.00	14.90	14.93	15.25	15.20	15.25	15.23	45	2775	36.8
6	15.05	15.15	15.00	15.07	15.45	15.35	15.30	15.37	45	3230	41.7
Mr promedio (Kg/cm²)											39.2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 293. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión PATRÓN, $a/c=0.65$,cemento=350.77 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	35.66	39.23
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.469	2.575
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	6.92	6.56
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	32.98	35.42
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.0847	1.4776
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	39.00	41.67
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.3533	0.9495
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 294. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.70$,

Cemento=327.57 kg/m³, 7 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg _f	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.20	15.25	15.20	15.22	15.45	15.50	15.50	15.48	45	2500	31.4
2	15.30	15.25	15.25	15.27	15.60	15.55	15.60	15.58	45	2725	33.8
3	15.15	15.20	15.15	15.17	15.40	15.45	15.45	15.43	45	2825	35.8
4	15.35	15.25	15.30	15.30	15.25	15.30	15.25	15.27	45	2485	31.3
5	15.40	15.35	15.35	15.37	15.40	15.35	15.40	15.38	45	2320	28.7
6	15.25	15.30	15.30	15.28	15.55	15.50	15.50	15.52	45	2910	36.1
Mr promedio (Kg/cm²)											32.9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 295. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Naturales PATRÓN, $a/c=0.70$,

Cemento=327.57 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg _f	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.25	15.30	15.30	15.28	15.05	15.10	15.10	15.08	45	3050	39.0
2	15.15	15.15	15.20	15.17	15.15	15.10	15.15	15.13	45	2890	37.4
3	15.35	15.30	15.30	15.32	15.15	15.10	15.15	15.13	45	2705	34.3
4	15.40	15.35	15.30	15.35	15.25	15.25	15.20	15.23	45	2945	36.9
5	15.30	15.25	15.25	15.27	15.15	15.10	15.10	15.12	45	3105	39.7
6	15.40	15.35	15.35	15.37	15.20	15.25	15.25	15.23	45	2835	35.5
Mr promedio (Kg/cm²)											37.1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 296. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión PATRÓN, $a/c=0.70$,
 $\text{cemento}=327.57 \text{ kg/m}^3$

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	32.85	37.11
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.893	2.033
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	8.80	5.48
Coef. de variación max. ($CV_{\max}$)	%	16.00	16.00
Aceptabilidad $CV < CV_{\max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor critico = $INV.T(1-\alpha;gl)$ (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{\text{crit}} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo ($X_{\min}$)	kg/cm ²	28.74	34.29
$G_{\min} = (\bar{X} - X_{\min})/s$	-	1.4215	1.3871
$G_{\min} < G_{\text{crit}}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo ($X_{\max}$)	kg/cm ²	36.13	39.66
$G_{\max} = (X_{\max} - \bar{X})/s$	-	1.1334	1.2543
$G_{\max} < G_{\text{crit}}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 3.1. Resistencia a la flexión de concreto con porcentaje de sustitución de agregado fino reciclado comercial RECO + SUST

Tabla A 297. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 25% de
Sustitución, $\text{Cemento}=385.42 \text{ kg/m}^3$, 7 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.25	15.35	15.35	15.32	15.35	15.45	15.50	15.43	45	2845	35.4
2	15.45	15.40	15.45	15.43	15.40	15.50	15.50	15.47	45	3005	36.7
3	15.40	15.25	15.30	15.32	15.55	15.45	15.45	15.48	45	2745	34.0
4	15.35	15.30	15.45	15.37	15.50	15.40	15.35	15.42	45	2595	32.1
5	15.40	15.50	15.50	15.47	15.60	15.50	15.55	15.55	45	2680	32.4
6	15.35	15.45	15.30	15.37	15.45	15.35	15.40	15.40	45	2725	33.7
Mr promedio (Kg/cm2)											34.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 298. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 25% de Sustitución, Cemento=385.42 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.45	15.25	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	45	2725	33.9
2	15.40	15.50	15.45	15.45	15.10	15.10	15.10	15.10	45	3070	38.3
3	15.10	15.25	15.35	15.23	15.10	15.30	15.40	15.27	45	2865	36.4
4	15.15	15.10	15.20	15.15	15.25	15.35	15.30	15.30	45	3230	41.4
5	15.20	15.25	15.25	15.23	15.35	15.30	15.35	15.33	45	2985	37.8
6	15.35	15.40	15.30	15.35	15.35	15.40	15.40	15.38	45	3140	39.0
Mr promedio (Kg/cm2)											37.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 299. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 25% de Sustitución, Cemento=385.42 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	34.05	37.79
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.756	2.519
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	5.16	6.67
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	32.08	33.90
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	1.1222	1.5431
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X_{max})	kg/cm ²	36.71	41.39
$G_{max}=(X_{max}-\bar{X})/s$	-	1.5131	1.4286
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 300. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 50% de Sustitución, Cemento=387.50 kg/m³, 7 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg _f	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.20	15.35	15.20	15.25	15.45	15.55	15.45	15.48	45	2415	30.2
2	15.15	15.10	15.10	15.12	15.35	15.25	15.35	15.32	45	2205	28.3
3	15.05	15.05	15.15	15.08	15.25	15.40	15.40	15.35	45	2550	32.9
4	15.25	15.35	15.30	15.30	15.30	15.50	15.35	15.38	45	2845	35.6
5	15.40	15.35	15.40	15.38	15.50	15.45	15.50	15.48	45	2640	32.4
6	15.30	15.25	15.35	15.30	15.45	15.40	15.55	15.47	45	2305	28.6
Mr promedio (Kg/cm2)											31.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 301. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 50% de Sustitución, Cemento=387.50 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg _f	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.30	15.65	15.85	15.60	15.80	15.70	15.35	15.62	45	2950	34.9
2	15.15	15.20	15.35	15.23	15.00	15.15	15.20	15.12	45	2735	35.1
3	15.40	15.40	15.55	15.45	15.10	15.15	15.20	15.15	45	2550	31.7
4	15.35	15.30	15.40	15.35	15.15	15.25	15.25	15.22	45	2840	35.6
5	15.45	15.40	15.55	15.47	15.05	15.15	15.15	15.12	45	3125	38.9
6	15.55	15.45	15.40	15.47	15.25	15.35	15.35	15.32	45	2645	32.5
Mr promedio (Kg/cm2)											34.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 302. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión de RECO + SUST,

a/c=0.60, con 50% de Sustitución, Cemento=387.50 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	31.34	34.79
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.783	2.543
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	8.88	7.31
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (X _{min})	kg/cm ²	28.35	31.73
G _{min} =($\bar{X}$ -X _{min})/s	-	1.0726	1.2045
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X _{max})	kg/cm ²	35.55	38.89
G _{max} =(X _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.5146	1.6108
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 303. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.60, con 75% de

Sustitución, Cemento=389.58 kg/m³, 7 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.10	15.20	15.25	15.18	15.60	15.50	15.45	15.52	45	2250	28.3
2	15.35	15.30	15.20	15.28	15.55	15.40	15.40	15.45	45	2090	26.1
3	15.40	15.40	15.35	15.38	15.35	15.55	15.40	15.43	45	2365	29.1
4	15.35	15.55	15.35	15.42	15.70	15.50	15.45	15.55	45	2480	30.2
5	15.45	15.50	15.40	15.45	15.60	15.50	15.45	15.52	45	2705	32.9
6	15.25	15.20	15.35	15.27	15.35	15.55	15.50	15.47	45	2425	30.3
Mr promedio (Kg/cm2)											29.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 304. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 75% de Sustitución, Cemento=389.58 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.20	15.25	15.40	15.28	15.15	15.15	15.15	15.15	45	2620	33.3
2	15.30	15.45	15.40	15.38	15.40	15.45	15.45	15.43	45	2710	33.4
3	16.10	16.50	16.00	16.20	15.30	15.30	15.50	15.37	45	2530	28.2
4	15.55	15.45	15.45	15.48	15.25	15.35	15.20	15.27	45	2755	33.9
5	15.40	15.60	15.45	15.48	15.20	15.30	15.35	15.28	45	2820	34.6
6	15.35	15.25	15.40	15.33	15.15	15.40	15.30	15.28	45	2740	34.3
Mr promedio (Kg/cm2)											33.0

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 305 se tiene un valor atípico para RECO + SUST $a/c=0.60$, con 75% de Sustitución, 28 días, al cual se procede a descartar dicho valor y se vuelve a realizar la prueba de Grubbs como se muestra en la Tabla A 306 en la cual ya no hay valores atípicos.

Tabla A 305. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión de RECO + SUST, $a/c=0.60$, con 75% de Sustitución, Cemento=389.58 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	29.47	32.96
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.270	2.372
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	7.70	7.20
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	26.06	28.23
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.5028	1.9936
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(Atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	32.86	34.63
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.4925	0.7048
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 306. *Detección de Valores Atípicos Corregido de Resistencia a la Flexión de RECO + SUST, a/c=0.60, con 75% de Sustitución, 28 días*

Descripción	Unid	28 días
Cantidad de datos (n)	-	5
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	33.90
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.570
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	1.68
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(acceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.01000
grado de libertad n-2 (gl)	-	3
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	4.5407
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.6714
Dato de valor mínimo (x _{min})	kg/cm ²	33.32
G _{min} =($\bar{X}$ -x _{min})/s	-	1.0251
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)
Dato de valor máximo (x _{max})	kg/cm ²	34.63
G _{max} =(x _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.2743
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 307. *Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, a/c=0.65, con 25% de Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³, 7 días*

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.10	15.20	15.20	15.17	14.90	15.20	15.10	15.07	45	2820	36.6
2	15.20	15.30	15.30	15.27	15.25	15.20	15.35	15.27	45	2620	33.1
3	15.35	15.30	15.35	15.33	15.40	15.30	15.25	15.32	45	2945	36.8
4	15.20	15.15	15.35	15.23	15.20	15.15	15.20	15.18	45	3010	38.4
5	15.40	15.30	15.30	15.33	15.30	15.40	15.25	15.32	45	2540	31.7
6	15.35	15.35	15.45	15.38	15.40	15.30	15.25	15.32	45	2415	30.0
Mr promedio (Kg/cm2)											34.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 308. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 25% de Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.40	15.50	15.50	15.47	14.90	14.80	14.90	14.87	45	3310	41.9
2	15.10	15.10	15.20	15.13	15.20	15.30	15.30	15.27	45	3020	38.9
3	15.50	15.50	15.70	15.57	15.35	15.35	15.40	15.37	45	2895	35.0
4	15.40	15.45	15.45	15.43	15.25	15.20	15.25	15.23	45	2905	36.0
5	15.35	15.35	15.40	15.37	15.20	15.20	15.30	15.23	45	3005	37.6
6	15.10	15.20	15.20	15.17	14.95	15.10	15.10	15.05	45	2940	38.2
Mr promedio (Kg/cm2)											37.9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 309. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 25% de Sustitución, Cemento=352.12 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	34.45	37.93
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	3.323	2.406
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	9.65	6.34
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	29.98	34.99
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.3456	1.2220
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	38.44	41.88
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.2001	1.6419
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 310. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 50% de
Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³, 7 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.50	15.55	15.35	15.47	15.45	15.55	15.35	15.45	45	2880	35.1
2	15.60	15.40	15.45	15.48	15.20	15.30	15.30	15.27	45	2685	33.0
3	15.45	15.45	15.30	15.40	15.25	15.35	15.35	15.32	45	2580	32.0
4	15.60	15.50	15.55	15.55	15.40	15.40	15.25	15.35	45	2785	33.8
5	15.45	15.50	15.50	15.48	15.25	15.25	15.20	15.23	45	3175	39.1
6	15.55	15.40	15.55	15.50	15.35	15.55	15.35	15.42	45	2940	35.7
Mr promedio (Kg/cm2)											34.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 311. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 50% de
Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.45	15.35	15.55	15.45	15.40	15.40	15.35	15.38	45	3280	40.2
2	15.55	15.40	15.45	15.47	15.20	15.25	15.40	15.28	45	3075	37.8
3	15.60	15.45	15.50	15.52	15.25	15.30	15.45	15.33	45	2775	33.8
4	15.55	15.70	15.60	15.62	15.15	15.10	15.15	15.13	45	2825	34.4
5	15.40	15.50	15.45	15.45	15.35	15.30	15.20	15.28	45	2710	33.4
6	15.45	15.55	15.60	15.53	15.25	15.35	15.40	15.33	45	2910	35.4
Mr promedio (Kg/cm2)											35.9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 312. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión de RECO + SUST,
 $a/c=0.65$, con 50% de Sustitución, Cemento=353.46 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	34.78	35.86
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.526	2.648
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	7.26	7.38
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	31.96	33.43
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	1.1143	0.9164
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X_{max})	kg/cm ²	39.12	40.20
$G_{max}=(X_{max}-\bar{X})/s$	-	1.7200	1.6403
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 313. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de
Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³, 7 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.35	15.30	15.35	15.33	15.15	15.20	15.25	15.20	45	3100	39.0
2	15.65	15.60	15.70	15.65	15.35	15.35	15.40	15.37	45	2725	32.6
3	15.50	15.40	15.45	15.45	15.60	15.65	15.55	15.60	45	2680	32.4
4	15.40	15.40	15.65	15.48	15.60	15.50	15.45	15.52	45	2645	32.0
5	15.45	15.50	15.60	15.52	15.65	15.60	15.55	15.60	45	2735	32.8
6	15.40	15.45	15.40	15.42	15.45	15.40	15.45	15.43	45	2670	32.8
Mr promedio (Kg/cm2)											33.6

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 314. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	14.90	15.40	15.50	15.27	15.10	15.30	15.20	15.20	45	2680	34.0
2	15.20	15.20	15.45	15.28	15.40	15.45	15.85	15.57	45	3045	37.7
3	15.35	15.45	15.20	15.33	15.45	15.65	15.75	15.62	45	2820	34.6
4	15.55	15.60	15.40	15.52	15.60	15.65	15.60	15.62	45	2595	31.1
5	15.25	15.35	15.35	15.32	15.55	15.50	15.40	15.48	45	3100	38.4
6	14.95	15.10	15.20	15.08	15.15	15.25	15.30	15.23	45	2775	36.0
Mr promedio (Kg/cm2)											35.3

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 315 se tiene un valor atípico para RECO + SUST $a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, 7 días, al cual se procede a descartar dicho valor y se vuelve a realizar la prueba de Grubbs como se muestra en la Tabla A 316 en la cual ya no hay valores atípicos.

Tabla A 315. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, Cemento=354.81 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	33.59	35.30
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.685	2.680
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	7.99	7.59
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	32.00	31.06
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	0.5921	1.5800
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	39.04	38.40
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	2.0296	1.1585
$G_{max} < G_{crit}$	-	(Atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 316. Detección de Valores Atípicos Corregido de Resistencia a la Flexión de RECO + SUST, $a/c=0.65$, con 75% de Sustitución, 7 días

Descripción	Unid	7 días
Cantidad de datos (n)	-	5
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	32.50
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	0.320
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	0.98
Coef. de variación max. (CV_{max})	%	16.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(acceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.01000
grado de libertad n-2 (gl)	-	3
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	4.5407
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.6714
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	32.00
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.5636
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	32.77
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	0.8444
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 317. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³, 7 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.40	15.35	15.40	15.38	15.20	15.25	15.35	15.27	45	2550	31.8
2	15.45	16.30	16.80	16.18	16.00	15.75	15.85	15.87	45	3060	33.1
3	15.50	15.60	15.50	15.53	15.40	15.45	15.60	15.48	45	2410	29.0
4	15.55	15.65	15.70	15.63	15.35	15.30	15.45	15.37	45	2355	28.2
5	15.70	15.50	15.55	15.58	15.30	15.40	15.35	15.35	45	3010	36.3
6	15.40	15.50	15.45	15.45	15.30	15.50	15.35	15.38	45	2950	36.2
Mr promedio (Kg/cm2)											32.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 318. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.15	15.30	15.30	15.25	15.50	15.30	15.30	15.37	45	3010	37.9
2	15.30	15.50	15.40	15.40	15.00	15.00	15.00	15.00	45	3105	39.3
3	15.55	15.40	15.35	15.43	15.10	15.00	15.10	15.07	45	2785	34.9
4	15.60	15.50	15.50	15.53	15.35	15.30	15.35	15.33	45	2680	32.6
5	15.55	15.50	15.55	15.53	15.30	15.45	15.45	15.40	45	2645	32.0
6	15.70	15.50	15.55	15.58	15.40	15.35	15.40	15.38	45	2705	32.6
Mr promedio (Kg/cm2)											34.9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 319. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 25% de Sustitución, Cemento=324.83 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	32.44	34.89
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	3.446	3.069
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	10.62	8.80
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	28.22	32.03
$G_{min}=(\bar{X}-X_{min})/s$	-	1.2247	0.9303
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X_{max})	kg/cm ²	36.34	39.28
$G_{max}=(X_{max}-\bar{X})/s$	-	1.1319	1.4321
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 320. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 50% de Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³, 7 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.40	15.60	15.45	15.48	15.40	15.55	15.60	15.52	45	2470	29.9
2	15.40	15.40	15.40	15.40	15.60	15.60	15.40	15.53	45	1970	24.1
3	15.30	15.35	15.30	15.32	15.40	15.45	15.40	15.42	45	2270	28.2
4	15.25	15.45	15.35	15.35	15.50	15.55	15.40	15.48	45	2005	24.7
5	15.15	15.35	15.30	15.27	15.35	15.40	15.35	15.37	45	2510	31.5
6	15.20	15.25	15.35	15.27	15.50	15.60	15.45	15.52	45	1890	23.5
Mr promedio (Kg/cm2)											27.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 321. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 50% de Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.25	15.30	15.25	15.27	15.45	15.60	15.55	15.53	45	3025	37.6
2	15.35	15.40	15.25	15.33	15.55	15.65	15.65	15.62	45	2605	31.9
3	15.30	15.40	15.35	15.35	15.40	15.45	15.45	15.43	45	2775	34.3
4	15.45	15.55	15.60	15.53	15.60	15.40	15.55	15.52	45	2960	35.6
5	15.25	15.45	15.40	15.37	15.50	15.40	15.30	15.40	45	2480	30.7
6	15.15	15.25	15.15	15.18	15.40	15.20	15.25	15.28	45	2345	30.0
Mr promedio (Kg/cm2)											33.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 322. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión de RECO + SUST,

a/c=0.70, con 50% de Sustitución, Cemento=326.07 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	27.00	33.35
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	3.357	2.989
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	12.44	8.96
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (X _{min})	kg/cm ²	23.52	29.95
G _{min} =($\bar{X}$ -X _{min})/s	-	1.0351	1.1370
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X _{max})	kg/cm ²	31.54	37.60
G _{max} =(X _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.3539	1.4225
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 323. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, *a/c=0.70, con 75% de*

Sustitución, Cemento=327.32 kg/m³, 7 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.55	15.35	15.30	15.40	15.25	15.35	15.35	15.32	45	2385	29.5
2	15.65	15.80	15.70	15.72	15.50	15.40	15.40	15.43	45	1985	23.4
3	15.60	15.40	15.45	15.48	15.55	15.35	15.30	15.40	45	2405	29.3
4	15.70	15.50	15.55	15.58	15.40	15.55	15.40	15.45	45	1915	23.0
5	15.60	15.45	15.55	15.53	15.25	15.35	15.20	15.27	45	2185	26.7
6	15.80	15.60	15.65	15.68	15.50	15.40	15.55	15.48	45	2220	26.2
Mr promedio (Kg/cm2)											26.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 324. Resistencia a la Flexión de Concreto de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 75% de Sustitución, Cemento=327.32 kg/m³, 28 días

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.40	15.45	15.40	15.42	15.50	15.45	15.35	15.43	45	2705	33.2
2	16.00	15.75	16.00	15.92	15.60	15.75	15.40	15.58	45	2190	25.0
3	15.30	15.70	15.80	15.60	15.20	15.10	15.10	15.13	45	2600	31.8
4	15.50	15.70	15.50	15.57	15.15	15.00	15.40	15.18	45	2590	31.7
5	15.70	15.50	15.40	15.53	15.40	15.25	15.35	15.33	45	2695	32.8
6	15.60	15.80	15.55	15.65	15.50	15.55	15.50	15.52	45	2540	30.1
Mr promedio (Kg/cm²)											30.7

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla A 325 se tiene un valor atípico para RECO + SUST $a/c=0.70$, con 75% de Sustitución, 28 días, al cual se procede a descartar dicho valor y se vuelve a realizar la prueba de Grubbs como se muestra en la Tabla A 326 en la cual ya no hay valores atípicos.

Tabla A 325. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión de RECO + SUST, $a/c=0.70$, con 75% de Sustitución, Cemento=327.32 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	26.36	30.74
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.796	3.030
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	10.60	9.86
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	22.97	24.96
$G_{min} = (\bar{X} - x_{min})/s$	-	1.2137	1.9082
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(Atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	29.55	33.18
$G_{max} = (x_{max} - \bar{X})/s$	-	1.1398	0.8047
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 326. Detección de Valores Atípicos Corregido de Resistencia a la Flexión de RECO +

SUST, a/c=0.70, con 75% de Sustitución, 28 días

Descripción	Unid	28 días
Cantidad de datos (n)	-	5
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	31.90
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	1.203
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	3.77
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(acceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.01000
grado de libertad n-2 (gl)	-	3
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	4.5407
G _{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5	-	1.6714
Dato de valor mínimo (X _{min})	kg/cm ²	30.08
G _{min} =($\bar{X}$ -X _{min})/s	-	1.5110
G _{min} <G _{crit}	-	(No atípico)
Dato de valor máximo (X _{max})	kg/cm ²	33.18
G _{max} =(X _{max} - $\bar{X}$)/s	-	1.0655
G _{max} <G _{crit}	-	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

D 3.3. Resistencia a la flexión de concreto con agregado fino reciclado comercial RECO

Tabla A 327. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Fino Reciclado Comercial

RECO, a/c=0.60, Cemento=391.67 kg/m³, 7 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.40	15.55	15.45	15.47	15.60	15.45	15.45	15.50	45	2485	30.2
2	15.70	15.60	15.60	15.63	16.05	15.90	15.95	15.97	45	2915	33.6
3	15.35	15.45	15.35	15.38	15.45	15.55	15.40	15.47	45	2350	28.9
4	15.25	15.25	15.20	15.23	15.35	15.55	15.40	15.43	45	2290	28.8
5	15.30	15.50	15.30	15.37	16.05	15.90	15.85	15.93	45	2185	26.1
6	15.45	15.65	15.50	15.53	15.40	15.65	15.60	15.55	45	2585	31.0
Mr promedio (Kg/cm2)											29.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 328. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Fino Reciclado ComercialRECO, a/c=0.60, Cemento=391.67 kg/m³, 28 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.10	15.20	15.25	15.18	15.25	15.35	15.35	15.32	45	2660	33.9
2	15.35	15.25	15.30	15.30	15.45	15.25	15.50	15.40	45	2190	27.3
3	15.40	15.60	15.55	15.52	15.50	15.60	15.50	15.53	45	2495	30.0
4	15.20	15.40	15.25	15.28	16.10	15.85	15.90	15.95	45	2920	35.3
5	15.35	15.30	15.40	15.35	15.70	15.55	15.60	15.62	45	2885	35.3
6	15.45	15.55	15.60	15.53	15.75	15.60	15.80	15.72	45	2765	32.8
Mr promedio (Kg/cm2)											32.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 329. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión RECO, a/c=0.60,Cemento=391.67 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	29.76	32.44
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.508	3.170
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	8.43	9.77
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	26.13	27.34
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.4473	1.6087
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	33.62	35.28
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.5361	0.8976
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 330. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Fino Reciclado ComercialRECO, $a/c=0.65$, Cemento=356.15 kg/m³, 7 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg _f	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.25	15.30	15.40	15.32	15.60	15.80	15.75	15.72	45	2510	30.6
2	15.35	15.30	15.45	15.37	16.05	15.80	15.70	15.85	45	2250	27.1
3	15.10	15.35	15.30	15.25	15.75	15.55	15.60	15.63	45	2355	29.1
4	15.20	15.35	15.40	15.32	15.35	15.45	15.35	15.38	45	1995	24.9
5	15.15	15.45	15.30	15.30	15.60	15.40	15.55	15.52	45	1910	23.7
6	15.40	15.30	15.45	15.38	15.45	15.55	15.40	15.47	45	2355	29.0
Mr promedio (Kg/cm2)											27.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 331. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Fino Reciclado ComercialRECO, $a/c=0.65$, Cemento=356.15 kg/m³, 28 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg _f	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.40	15.60	15.70	15.57	15.50	15.70	15.65	15.62	45	2685	31.9
2	15.25	15.20	15.35	15.27	15.30	15.45	15.40	15.38	45	2420	30.4
3	15.40	15.35	15.25	15.33	15.40	15.65	15.55	15.53	45	2355	29.0
4	15.20	15.25	15.40	15.28	15.40	15.60	15.70	15.57	45	2275	28.2
5	15.30	15.50	15.45	15.42	15.80	15.55	15.60	15.65	45	2185	26.4
6	15.40	15.45	15.55	15.47	15.70	15.60	15.55	15.62	45	2895	34.9
Mr promedio (Kg/cm2)											30.1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 332. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión RECO, $a/c=0.65$,Cemento=356.15 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	27.39	30.13
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.697	2.986
Coef. de variación $s/\bar{X}$ (CV)	%	9.85	9.91
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad $CV < CV_{max}$	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor critico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^{0.5}$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (X_{min})	kg/cm ²	23.66	26.43
$G_{min} = (\bar{X} - X_{min})/s$	-	1.3820	1.2393
$G_{min} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (X_{max})	kg/cm ²	30.63	34.87
$G_{max} = (X_{max} - \bar{X})/s$	-	1.2028	1.5876
$G_{max} < G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 333. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Fino Reciclado ComercialRECO, $a/c=0.70$, Cemento=328.57 kg/m³, 7 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kg	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.40	15.20	15.15	15.25	15.70	15.50	15.45	15.55	45	1720	21.4
2	15.45	15.25	15.30	15.33	15.45	15.40	15.55	15.47	45	2010	24.9
3	15.55	15.40	15.35	15.43	15.35	15.45	15.50	15.43	45	2305	28.2
4	15.10	15.10	15.20	15.13	16.05	15.85	15.90	15.93	45	1995	24.6
5	15.35	15.15	15.15	15.22	15.35	15.50	15.60	15.48	45	2105	26.4
6	15.30	15.35	15.50	15.38	15.55	15.35	15.40	15.43	45	1940	23.9
Mr promedio (Kg/cm2)											24.9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 334. Resistencia a la Flexión de Concreto con Agregados Fino Reciclado Comercial

RECO, a/c=0.70, Cemento=328.57 kg/m³, 28 días.

N.º	altura (cm)				Ancho (cm)				L cm	F. de rotura Kgf	Mr Kg/cm ²
	h1	h2	h3	hp	b1	b2	b3	bp			
1	15.60	15.40	15.55	15.52	15.70	15.60	15.60	15.63	45	2385	28.5
2	15.25	15.30	15.40	15.32	15.75	15.55	15.50	15.60	45	2540	31.2
3	15.70	15.50	15.55	15.58	15.55	15.60	15.60	15.58	45	2650	31.5
4	15.40	15.30	15.40	15.37	16.10	15.85	15.90	15.95	45	2195	26.2
5	15.25	15.35	15.40	15.33	15.50	15.40	15.60	15.50	45	2480	30.6
6	15.65	15.45	15.40	15.50	15.40	15.60	15.55	15.52	45	2580	31.1
Mr promedio (Kg/cm2)											29.9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 335. Detección de Valores Atípicos de Resistencia a la Flexión RECO, a/c=0.70,

Cemento=328.57 kg/m³

Descripción	Unid	7 días	28 días
Cantidad de datos (n)	-	6	6
Media ($\bar{X}$)	kg/cm ²	24.90	29.87
Desviación estándar (s)	kg/cm ²	2.310	2.089
Coef. de variación s/ $\bar{X}$ (CV)	%	9.28	6.99
Coef. de variación max. (CV _{max})	%	16.00	16.00
Aceptabilidad CV<CV _{max}	-	(aceptable)	(aceptable)
Confianza al 95% ($\alpha = 0.05$)	-	0.05	0.05
Valor significativo α/n (vs)	-	0.00833	0.00833
grado de libertad n-2 (gl)	-	4	4
t-valor crítico = INV.T(1-vs;gl) (tvc)	-	3.9608	3.9608
$G_{crit} = (n-1)*tvc/(n*(gl+tvc^2))^0.5$	-	1.8221	1.8221
Dato de valor mínimo (x_{min})	kg/cm ²	21.40	26.23
$G_{min}=(\bar{X}-x_{min})/s$	-	1.5161	1.7443
$G_{min}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)
Dato de valor máximo (x_{max})	kg/cm ²	28.22	31.51
$G_{max}=(x_{max}-\bar{X})/s$	-	1.4367	0.7836
$G_{max}<G_{crit}$	-	(No atípico)	(No atípico)

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO E. Matriz de operacionalización

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN			DISEÑO METODOLÓGICO
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	Tipo de Investigación: Experimental Cuantitativa Nivel de Investigación Descriptivo Enfoque de Investigación Cuantitativo Diseño de Investigación: Experimental Población: Concreto diseñado con agregados naturales y agregado fino reciclado comercial (AFRC). Muestra: Concreto fresco de cada uno de los 18 tipos, probetas y vigas Fuentes de Información: Libros, normas nacionales e internacionales, estudios científicos, tesis. Muestreo: No probabilístico, por conveniencia
¿Es factible, en cuanto a propiedades físico-mecánicas y costo de concreto resultante, el reemplazo del agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial de la zona central de Lima Metropolitana?	Estudiar las características físico-mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia para relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70 utilizando agregado fino reciclado (AFR), como alternativa de material de construcción.	La utilización de agregado fino reciclado (AFR) en porcentajes distintos de sustitución (0%, 25%, 50%, 75% y 100%) influirá en las propiedades físicas y mecánicas del concreto de mediana a baja resistencia.	VI1) Agregado fino reciclado comercial (AFRC) y agregados naturales (grueso y fino)	Peso Unitario Suelto Peso Unitario Compactado Peso Específico Absorción Contenido de Humedad Granulometría Máxima compactación de agregados %AFRC en mezcla de concreto	Kg/m ³ Kg/m ³ Kg/m ³ % % adimensional % %	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES DEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	
1) ¿Cuál será el efecto del uso de agregado fino reciclado comercial de la zona central de Lima Metropolitana en las propiedades físicas del concreto fresco resultante?	1) Determinar las propiedades físicas del concreto en estado fresco utilizando porcentajes de sustitución (25%, 50%, 75% y 100%) de agregado fino reciclado (AFR) y cemento Portland tipo I, con respecto al del concreto patrón (0% de AFR).	1) Las propiedades físicas del concreto en estado fresco variarán utilizando porcentajes de sustitución (25%, 50%, 75% y 100%) de agregado fino reciclado respecto al del de agregados naturales.	VD1) Propiedades físicas del concreto en estado fresco, utilizando agregado fino reciclado comercial (AFRC) y natural.	Peso Unitario Consistencia Tiempo de Fraguado Exudación Contenido de aire	Kg/m ³ Pulgada Minutos % %	
2) ¿Cuál será el efecto del uso de agregado fino reciclado comercial de la zona central de Lima Metropolitana en las propiedades mecánicas del concreto endurecido resultante?	2) Determinar las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido utilizando porcentajes de sustitución (25%, 50%, 75% y 100%) de agregado fino reciclado (AFR) y cemento Portland tipo I, con respecto al del concreto patrón (0% de AFR).	2) Las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido variarán utilizando porcentajes de sustitución (25%, 50%, 75% y 100%) de agregado fino reciclado respecto al del de agregados naturales.	VD2) Propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido, utilizando agregado fino reciclado comercial (AFRC) y natural.	Resistencia a la compresión Resistencia a la tracción Resistencia a la flexión	Kg/cm ² Kg/cm ² Kg/cm ²	
3) ¿Cuál será el efecto de reemplazar agregado fino natural por agregado fino reciclado comercial de la zona central de Lima Metropolitana en el costo del concreto resultante?	3) Realizar un estudio comparativo de costos del concreto de mediana a baja resistencia usando agregado fino reciclado (AFR) con el concreto de mediana a baja resistencia usando agregados naturales.	3) El costo del concreto variará utilizando porcentajes de sustitución (25%, 50%, 75% y 100%) de agregado fino reciclado respecto al del de agregados naturales.	VD3) Costos de concreto, utilizando agregado fino reciclado comercial (AFRC) y natural.	Costo Unitario	Soles	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO F. Fichas técnicas



PRODUCTO	Agregado G / Arena gruesa
CARACTERÍSTICAS	Agregado Ecológico Grueso. Obtenido por la trituración artificial de material reciclado (gravas, concreto). Muy importante para la elaboración del concreto. Ideal para la construcción
PESO	Saco de 33 Kg / A pedido por metro cúbico (m ³)
COLOR	Marrón
USO Y APLICACIONES	Ideal como agregado para solados, falsas zapatas, sobrecimientos, falso piso, entrepisos, veredas, muros de contención, mejoramiento de sub base, mejoramiento de base y pavimentos, entre otros
TIPO	Áridos a granel



FICHA TÉCNICA CEMENTO SOL

DESCRIPCIÓN:

Tipo I, Cemento Portland de uso general.

BENEFICIOS:

- > Acelerado desarrollo de resistencias iniciales.
- > Óptima trabajabilidad.
- > Permite menor tiempo de desencofrado.
- > Excelente desarrollo de resistencias en shotcrete.
- > Excelente permanencia del slump.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- > Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP - 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

APLICACIONES:

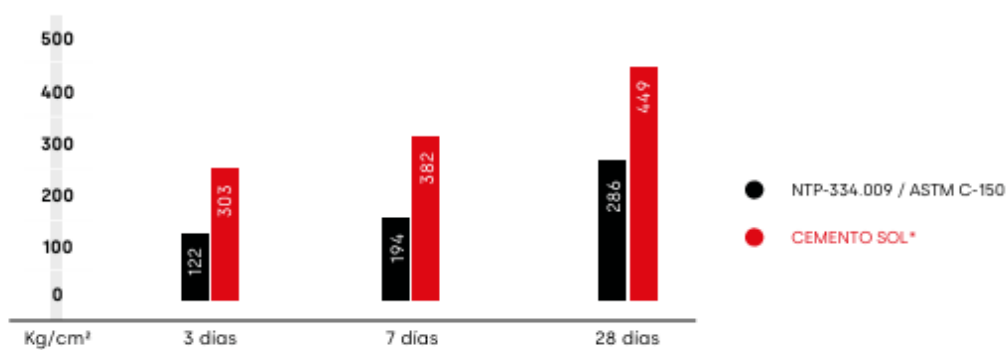
- > Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- > Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- > Bolsas de 42.5 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Granel: A despacharse en camiones bombonas y big bags.

REQUISITOS MECÁNICOS:

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO SOL



* Valores referenciales

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO SOL	REQUISITOS NTP-334.009/ ASTM C-150
Contenido de aire	%	7	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	323	Mínimo 260
Densidad	g/cm ³	3.13	No específica
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	303	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	382	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	449	Mínimo 285 (*)
TIEMPO DE FRAGUADO			
Fraguado Vicat inicial	min	129	45 a 375
COMPOSICIÓN QUÍMICA			
MgO	%	2.9	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.9	Máximo 1.5
FASES MINERALÓGICAS			
C2S	%	12	No específica
C3S	%	55	No específica
C3A	%	10	No específica
C4AF	%	10	No específica

(*) Requisito opcional

RECOMENDACIONES GENERALES

DOSIFICACIÓN:

- > Utilizar agua, arena y piedra libre de impurezas.
- > Respetar la relación agua-cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- > Para desarrollar la resistencia a la compresión del concreto y evitar grietas, se necesita curar por lo menos durante 7 días.

MANIPULACIÓN:

- > Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- > Usar la vestimenta y epp adecuados: casco, protectores para los ojos, guantes y botas.
- > El contacto con la humedad o con el polvo de cemento sin protección puede causar irritación o daño en la piel.

ALMACENAMIENTO:

- > Las bolsas con cemento deben ser almacenadas en recintos secos, protegidos de la intemperie, lluvia y humedad.
- > Las bolsas deben ser colocadas sobre parihuelas de madera seca, en áreas niveladas y estables. Posteriormente cubrirlas con mantas de plástico.
- > Apilar como máximo 10 bolsas de cemento y evitar tiempos prolongados de almacenamiento.



MasterEase 3900

Aditivo superplastificante/reductor de agua de alto rango para producción de concretos de baja viscosidad y reología mejorada con un buen mantenimiento de consistencia.

DESCRIPCIÓN

MasterEase 3900 es un aditivo superplastificante de última generación, basado en la nueva tecnología de polímeros exclusiva de Master Builders Solutions, especialmente diseñado para la producción de concretos de baja viscosidad incluso con reducidos contenidos de agua debido a su innovadora formulación que permite una adsorción retardada de las partículas de cemento obteniendo una hidratación mucho más eficiente.

MasterEase 3900 es compatible con los plastificantes y retardantes de la gama MasterPozzolith, MasterPolyheed y MasterSet de MBS.

MasterEase 3900 puede ser añadido directamente al camión mezclador, para restablecer concretos que hayan perdido consistencia. En este caso, se debe asegurar la plena compatibilidad entre aditivos antes de la aplicación. No es recomendable añadir el aditivo antes del agua de amasado, sobre el cemento y los agregados.

USOS RECOMENDADOS

Diseñado para mejorar la reología y con ello su trabajabilidad, bombeabilidad y la puesta en obra del concreto fabricado. Permite la fabricación de concretos de elevada fluidez y de alta resistencia, con un buen mantenimiento de consistencia.

MasterEase 3900 cumple con las especificaciones de la clasificación tipo F según la ASTM C494.

Dosificación:

El rango de dosificación recomendado para MasterEase 3900 es de 650 ml a 1500 ml por 100 kg de cemento en función del tipo de materiales y tipo de concreto a fabricar, dependiendo del uso esto puede variar por la naturaleza de los agregados y condiciones insitu.

Dosificaciones diferentes a las recomendadas son posibles con ensayos previos que justifiquen su buen desempeño.

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- Gran poder reductor de agua.
- Mejora el acabado y la textura de la superficie del concreto.
- Aumenta las resistencias iniciales y finales del concreto
- Buen mantenimiento de consistencia para cubrir los tiempos de transporte, sin retraso de fraguado.
- Facilita el bombeo y reduce el tiempo de aplicación y compactación
- Dota al concreto de un excelente comportamiento reológico, con reducida viscosidad y

CONSIDERACIONES

Si el MasterEase 3900 se congela, llévase a una temperatura de +20°C o más, y agítase hasta que esté completamente reconstituido. No use aire comprimido para agitarlo.

DATOS TÉCNICOS

Aspecto: Líquido
Color: Marrón

RECOMENDACIONES DE USO

MasterEase 3900 se añade al concreto durante su amasado, con la última parte del agua de mezcla. Debe mezclarse un tiempo suficiente para garantizar la completa homogeneización del aditivo en toda la masa.

ALMACENAMIENTO

MasterEase 3900 tiene una vida útil de 12 meses como mínimo. Dependiendo de las condiciones de almacenamiento, la vida útil puede ser mayor.



MasterEase 3900

Aditivo hiperplastificante/reductor de agua de alto rango para la producción especialmente de concreto proyectado y concretos bombeados y reología mejorada con un buen mantenimiento de consistencia en el tiempo.

PRESENTACIÓN

MasterEase 3900 se suministra en tambores de 208 L, tanques de 1000 L y a granel.

SEGURIDAD

Lea, entienda y siga la información contenida en la Hoja Datos de Seguridad (SDS) y de la etiqueta del producto antes de usar. La SDS puede obtenerse solicitando a su representante de ventas de Master® Builders Solutions.

Master® Builders Solutions es una marca registrada por las compañías de MBCC Group en diferentes países del mundo.

Marzo 2021

Página 2 de 2

A brand of
MBCC GROUP

ANEXO G. Panel de fotos

Figura A 36. *Ingreso del agregado fino reciclado comercial al Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales*



Figura A 37. *Almacenamiento de agregados para concreto de investigación en la Tolva N°04*

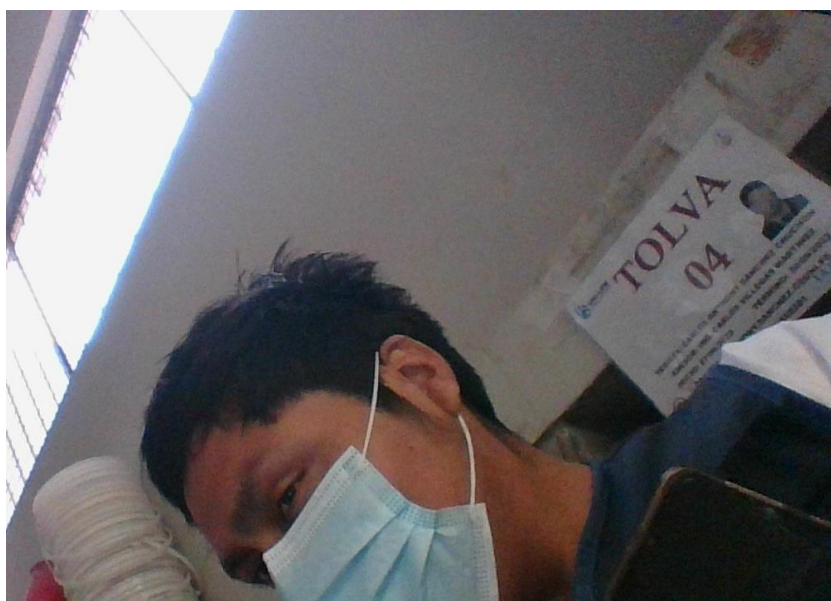


Figura A 38. *Procedimiento de obtención de Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso Natural*



Figura A 39. *Procedimiento de obtención de Peso Unitario Compactado del Agregado Fino Natural*



Figura A 40. Procedimiento de obtención del contenido de humedad de agregados



Figura A 41. Granulometría de agregado grueso



Figura A 42. Ensayo de Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino



Figura A 43. Procedimiento para obtención de la Máxima Compacidad de la Combinación de Agregado Grueso Natural y Agregado Fino Reciclado Comercial



Figura A 44. Procedimiento para obtención de la Máxima Compacidad de la Combinación de Agregado Grueso Natural y Agregado Fino Natural



Figura A 45. Peso unitario de concreto fresco



Figura A 46. Consistencia, medición de Slump ce concreto fresco

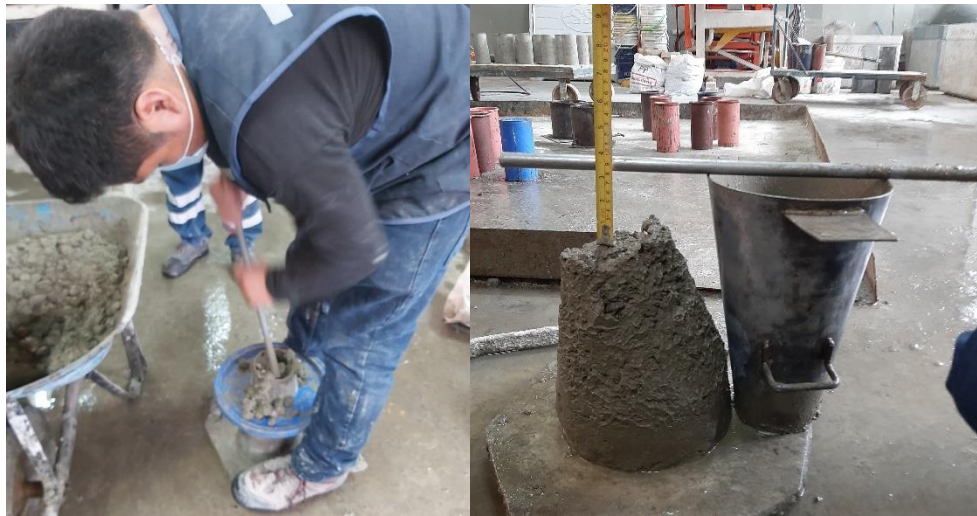


Figura A 47. Tiempo de fraguado



Figura A 48. Equipo para Ensayo de contenido de aire en el concreto fresco



Figura A 49. Vaciado de probetas y vigas



Figura A 50. Probetas y vigas para ensayos de concreto endurecido de un diseño



Figura A 51. Colocación de cal a la poza de curado



Figura A 52. *Ensayo a Tracción por compresión diametral*



Figura A 53. *Ensayo a flexión de concreto endurecido*

