

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO SECO
PREDOSIFICADO A $F'C= 210 \text{ KG/CM}^2$, USANDO DIFERENTES CANTIDADES
DE AGUA EN COMPARACIÓN CON EL CONCRETO TRADICIONAL”**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. GARCÍA VERGARA, Christian Rudy

ASESOR:

M.Cs. Ing. MINCHÁN PAJARES, Manuel Lincoln

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: Bach. GARCÍA VERGARA, Christian Rudy
DNI: 71499499
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. Asesor: M.Cs. Ing. MINCHÁN PAJARES, Manuel Lincoln
Facultad: Ingeniería
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO SECO PREDOSIFICADO A F'C= 210 KG/CM², USANDO DIFERENTES CANTIDADES DE AGUA EN COMPARACIÓN CON EL CONCRETO TRADICIONAL"
6. Fecha de evaluación: 10/07/2024
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 8%
9. Código Documento: oid:3117:365574889
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 10/07/2024

	 <p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258801 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 10/07/2024 21:51:10-0500</p>
<hr/> <p>FIRMA DEL ASESOR Nombre: MINCHÁN PAJARES, Manuel Lincoln DNI: 26704942</p>	<hr/> <p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>

COPYRIGHT © 2024 by
CHRISTIAN RUDY GARCÍA VERGARA
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por protegerme, guiarme, darme fortaleza y sabiduría para seguir adelante y superar las dificultades y obstáculos a lo largo de la vida.

Agradezco a mis padres, Rudy García Ulfe y Dany Vergara León, porque gracias a su esfuerzo y sacrificio que realizan pude cumplir mis objetivos personales y académicos; por todo su amor, comprensión, apoyo incondicional y confianza en todo momento de su vida.

A mi hermana, Wendy García Vergara, quien me apoyó incondicionalmente a lo largo de mi vida personal y universitaria; por sus consejos y por ser un ejemplo de persona.

A mis abuelos, Gilberto, Rosa y Efraín, quienes desde la eternidad me han cuidado siempre.

Al M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares por asesorarme en mi presente investigación, por sus conocimientos, orientaciones, paciencia y buenos consejos que han sido fundamentales para la culminación de la tesis.

A mi pareja, por la paciencia en todo momento y apoyarme en poder concluir mi etapa universitaria; y a su familia por abrirme las puertas de su hogar, por haberme brindado su apoyo y por sus grandes consejos para ser un buen profesional.

Finalmente, a mi alma mater, a la Universidad Nacional de Cajamarca, en especial a mi escuela de Ingeniería Civil; y agradezco a todas las personas que me dieron su amistad, confianza y apoyo a lo largo de mi vida universitaria

DEDICATORIA

A Dios, por permitir poder llegar a esta etapa de mi vida.

A mis padres, Rudy y Dany, por brindarme siempre su apoyo en cada eslabón de mi vida.

A mi hermana, Wendy, por darme fuerzas para no rendirme.

A mi abuelita, Irma, que me crió desde pequeño para lograr ser una gran persona.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES	6
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.6. ALCANCES Y DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.7. LIMITACIONES.....	8
1.8. OBJETIVOS.....	8
1.9. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
2.2. BASES TEÓRICAS	14
2.3. FRECUENCIA DE LOS ENSAYOS.....	34
2.4. NORMAS ASTM.....	35
2.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	39

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1. UBICACIÓN DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN.....	40
3.2. MATERIALES.....	41
3.3. METODOLOGÍA	42
3.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	42
3.5. MUESTRA.....	42
3.6. UNIDAD DE OBSERVACIÓN	44
3.7. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	44
3.8. PROCEDIMIENTO	44
3.9. TÉCNICA E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS	45
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	50
4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	50
4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA VARIACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	58
4.3. CORROBORACIÓN DE HIPÓTESIS	59
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1. CONCLUSIONES.....	61
5.2. RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
APÉNDICE	67
ANEXOS	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales componentes del cemento.....	16
Tabla 2. Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	20
Tabla 3. Requisitos granulométricos del agregado fino.....	20
Tabla 4. Valores máximos admisibles del agua.....	21
Tabla 5. Cantidad máxima de agua por bolsa.....	24
Tabla 6. Características de concreto seco embolsado.....	26
Tabla 7. Relación consistencia-asentamiento.....	29
Tabla 8. Tolerancia permisible de tiempo de ensayo según la edad de los especímenes....	33
Tabla 9. Coordenadas del laboratorio de ensayo de materiales de la UNC.....	40
Tabla 10. Coordenadas de la cantera Aguilar, de donde se extrajeron los agregados.....	41
Tabla 11. Número de probetas por grupos.....	43
Tabla 12. Propiedades de los agregados ensayados en laboratorio.....	46
Tabla 13. Cantidades en peso de materiales por cada m ³	46
Tabla 14. Cantidades en peso de materiales para 5 probetas cilíndricas.....	47
Tabla 15. Resistencia a compresión del concreto patrón desde la Muestra 1 (M1) hasta la Muestra 5 (M5) a 7, 14 y 28 días en kg/cm ²	47
Tabla 16. Resistencia a compresión del concreto patrón desde la Muestra 6 (M6) hasta la Muestra 10 (M10) a 7, 14 y 28 días en kg/cm ²	47
Tabla 17. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.26l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm ²	47
Tabla 18. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.34l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm ²	48

Tabla 19. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.42l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm ²	48
Tabla 20. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.50l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm ²	48
Tabla 21. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.58l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm ²	49
Tabla 22. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.66l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm ²	49
Tabla 23. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.74l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm ²	49
Tabla 24. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.26l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación.....	51
Tabla 25. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.34l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación.....	52
Tabla 26. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.42l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación.....	53
Tabla 27. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.50l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación.....	54
Tabla 28. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.58l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación.....	55

Tabla 29. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.66l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación.....	56
Tabla 30. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.74l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación.....	57
Tabla 31. Variación de la resistencia a compresión promedio del concreto seco predosificado con diferentes cantidades de agua en comparación con el concreto patrón a diferentes edades	58
Tabla 32. Ensayo de contenido de humedad de agregado fino	67
Tabla 33. Ensayo de peso específico de agregado fino	67
Tabla 34. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino - Muestra 1.....	68
Tabla 35. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino - Muestra 2.....	69
Tabla 36. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino - Muestra 3.....	70
Tabla 37. Módulo de finura promedio del agregado fino.....	70
Tabla 38. Ensayo de peso volumétrico suelto del agregado fino	71
Tabla 39. Ensayo de peso volumétrico compactado del agregado fino.....	71
Tabla 40. Ensayo de porcentaje de absorción del agregado fino.....	71
Tabla 41. Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso	72
Tabla 42. Ensayo de peso específico del agregado grueso.....	72
Tabla 43. Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso - Muestra 1	73
Tabla 44. Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso - Muestra 2	74
Tabla 45. Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso - Muestra 3	75
Tabla 46. Ensayo de peso volumétrico suelto del agregado grueso	76
Tabla 47. Ensayo de peso volumétrico compactado del agregado grueso	76

Tabla 48. Ensayo de porcentaje de absorción del agregado grueso	76
Tabla 49. Ensayo de contenido de humedad de agregado fino para corrección de diseño de mezcla	77
Tabla 50. Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso para corrección de diseño de mezcla	77
Tabla 51. Consistencia y asentamiento.....	79
Tabla 52. Contenido de aire.....	79
Tabla 53. Requisitos aproximados de agua de mezclado	80
Tabla 54. Relación agua/cemento.....	80
Tabla 55. Volumen del agregado grueso seco y compactado.....	81
Tabla 56. Cantidades en peso por cada m ³	84
Tabla 57. Cantidades en peso por cada m ³	87
Tabla 58. Cantidades en peso por cada m ³	89
Tabla 59. Cantidades en peso por cada m ³	91
Tabla 60. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.64l de agua a 7 días en kg/cm ²	92
Tabla 61. Resistencia a compresión de concreto seco predosificado en laboratorio con 4.64l de agua a 7 días en kg/cm ²	92
Tabla 62. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M1 a M5) para 7 días.....	93
Tabla 63. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M6 a M10) para 7 días.....	94
Tabla 64. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 2 para 7 días	95
Tabla 65. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 3 para 7 días	96
Tabla 66. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 4 para 7 días	97
Tabla 67. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 5 para 7 días	98
Tabla 68. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 6 para 7 días	99

Tabla 69. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 7 para 7 días	100
Tabla 70. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 8 para 7 días	101
Tabla 71. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M1 a M5) para 14 días...	102
Tabla 72. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M6 a M10) a 14 días.....	103
Tabla 73. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 2 para 14 días	104
Tabla 74. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 3 para 14 días	105
Tabla 75. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 4 para 14 días	106
Tabla 76. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 5 para 14 días	107
Tabla 77. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 6 para 14 días	108
Tabla 78. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 7 para 14 días	109
Tabla 79. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 8 para 14 días	110
Tabla 80. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M1 a M5) para 28 días...	111
Tabla 81. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M6 a M10) a 28 días.....	112
Tabla 82. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 2 para 28 días	113
Tabla 83. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 3 para 28 días	114
Tabla 84. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 4 para 28 días	115
Tabla 85. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 5 para 28 días	116
Tabla 86. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 6 para 28 días	117
Tabla 87. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 7 para 28 días	118
Tabla 88. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 8 para 28 días	119
Tabla 89. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 1 (M1 a M4) para 28 días	120
Tabla 90. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 1 (M5) para 28 días.....	121
Tabla 91. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 1 (M6 a M9) para 28 días	122
Tabla 92. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 1 (M10) para 28 días.....	123
Tabla 93. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 2 (M1 a M4) para 28 días	124

Tabla 94. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 2 (M5) para 28 días.....	125
Tabla 95. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 3 (M1 a M4) para 28 días	126
Tabla 96. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 3 (M5) para 28 días.....	127
Tabla 97. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 4 (M1 a M4) para 28 días	128
Tabla 98. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 4 (M5) para 28 días.....	129
Tabla 99. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 5 (M1 a M4) para 28 días	130
Tabla 100. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 5 (M5) para 28 días.....	131
Tabla 101. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 6 (M1 a M4) para 28 días	132
Tabla 102. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 6 (M5) para 28 días.....	133
Tabla 103. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 7 (M1 a M4) para 28 días	134
Tabla 104. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 7 (M5) para 28 días.....	135
Tabla 105. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 8 (M1 a M4) para 28 días	136
Tabla 106. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 8 (M5) para 28 días.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concreto seco embolsado predosificado	28
Figura 2. Dimensiones del molde para ensayo	30
Figura 3. Pasos para determinar el asentamiento del concreto	31
Figura 4. Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura	34
Figura 5. Mapa de los departamentos del Perú.....	40
Figura 6. Mapa de las provincias de Cajamarca.....	40
Figura 7. Vista satelital de la UNC.....	40
Figura 8. Vista satelital de la cantera Aguilar	41
Figura 9. Resistencia a compresión del concreto patrón a 7, 14 y 28 días	50
Figura 10. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.26l de agua a 7, 14 y 28 días	51
Figura 11. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.34l de agua a 7, 14 y 28 días	52
Figura 12. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.42l de agua a 7, 14 y 28 días	53
Figura 13. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.50l de agua a 7, 14 y 28 días	54
Figura 14. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.58l de agua a 7, 14 y 28 días	55
Figura 15. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.66l de agua a 7, 14 y 28 días	56
Figura 16. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.74l de agua a 7, 14 y 28 días	57

Figura 17. Variación de la resistencia a compresión promedio del concreto seco predosificado con diferentes cantidades de agua en comparación con el concreto patrón a través de las diferentes edades	58
Figura 18. Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Huso “M” – Muestra 1.....	68
Figura 19. Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Huso “M” – Muestra 2.....	69
Figura 20. Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Huso “M” – Muestra 3.....	70
Figura 21. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 8 – Muestra 1.....	73
Figura 22. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 8 – Muestra 2.....	74
Figura 23. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 8 – Muestra 3.....	75
Figura 24. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 1 (M1 a M5) para 28 días	121
Figura 25. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 1 (M6 a M10) para 28 días	123
Figura 26. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 2 para 28 días.....	125
Figura 27. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 3 para 28 días.....	127
Figura 28. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 4 para 28 días.....	129
Figura 29. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 5 para 28 días.....	131
Figura 30. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 6 para 28 días.....	133
Figura 31. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 7 para 28 días.....	135

Figura 32. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 8 para 28 días.....	137
Figura 33. Tamizado del agregado grueso para obtener el tamaño de 3/8", con la presencia del ingeniero asesor.....	138
Figura 34. Pesado de los agregados para determinar el contenido de humedad	138
Figura 35. Ensayo para determinar el peso volumétrico de los agregados.....	138
Figura 36. Ensayo para determinar el peso específico del agregado fino	139
Figura 37. Llenado de concreto seco predosificado a 7 días, con la presencia del ingeniero asesor.....	139
Figura 38. Llenado de concreto seco predosificado a 14 días	139
Figura 39. Llenado de concreto seco predosificado a 28 días, con la presencia del ingeniero asesor.....	140
Figura 40. Curado de probetas de concreto	140
Figura 41. Secado de probetas de concreto antes de ser ensayadas	140
Figura 42. Probetas de concreto del grupo 1	141
Figura 43. Probetas de concreto del grupo 2	141
Figura 44. Probetas de concreto del grupo 3	141
Figura 45. Probetas de concreto del grupo 4	142
Figura 46. Probetas de concreto del grupo 5	142
Figura 47. Probetas de concreto del grupo 6	142
Figura 48. Probetas de concreto del grupo 7	143
Figura 49. Probetas de concreto del grupo 8	143
Figura 50. Toma de medidas de las probetas de concreto	143
Figura 51. Ensayo a compresión de concreto a 7 días de curado, con la presencia del ingeniero asesor.....	144

Figura 52. Ensayo a compresión de concreto a 14 días de curado, con la presencia del ingeniero asesor.....	144
Figura 53. Ensayo a compresión de concreto a 28 días de curado, con la presencia del ingeniero asesor.....	144
Figura 54. Probetas de concreto ensayadas a diferentes edades.....	145
Figura 55. Secado de agregado para concreto seco predosificado en laboratorio.....	145
Figura 56. Elaboración del concreto seco predosificado en laboratorio.....	145
Figura 57. Llenado de concreto seco predosificado elaborado en laboratorio a 7 días.....	146
Figura 58. Ensayo a compresión de concreto seco predosificado en laboratorio a 7 días, con la presencia del ingeniero asesor	146

RESUMEN

El concreto es el material más utilizado en el ambiente de la construcción en el Perú, es por ello, que hace algunos años la compañía de cemento “Pacasmayo” sacó al mercado el Concreto Seco Embolsado Predosificado – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I, en tal sentido la presente investigación tiene como propósito determinar la variación de la resistencia a compresión del concreto seco predosificado a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando diferentes cantidades de agua en comparación con el concreto tradicional, por lo cual se realizó el ensayo de 135 probetas de concreto siendo 45 probetas para 7 días, 45 probetas para 14 días y 45 probetas para 28 días; dividiéndose en 8 grupos: Grupo 1: concreto patrón, Grupo 2: concreto seco predosificado añadiendo 4.26 litros de agua, Grupo 3: concreto seco predosificado añadiendo 4.34 litros de agua, Grupo 4: concreto seco predosificado añadiendo 4.42 litros de agua, Grupo 5: concreto seco predosificado añadiendo 4.50 litros de agua, Grupo 6: concreto seco predosificado añadiendo 4.58 litros de agua, Grupo 7: concreto seco predosificado añadiendo 4.66 litros de agua y Grupo 8: concreto seco predosificado añadiendo 4.74 litros de agua; teniendo como resultado final que la variación promedio de la resistencia a compresión del concreto seco predosificado a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando diferentes cantidades de agua es del 11.79% en comparación con el concreto tradicional para los 28 días de curado.

Palabras Clave: Concreto, resistencia a compresión, concreto seco predosificado, variación en la resistencia, cantidad de agua, probetas de concreto.

ABSTRACT

Concrete is the most used material in the construction environment in Peru, which is why a few years ago the cement company “Pacasmayo” launched the Predosed Bagged Dry Concrete – Rapimix Pacasmayo with Type I cement, on the market. sense, the purpose of this investigation is to determine the variation of the compressive strength of dry concrete pre-dosed at $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ using different amounts of water in comparison with traditional concrete, for which the test of 135 specimens was carried out. of concrete being 45 test tubes for 7 days, 45 test tubes for 14 days and 45 test tubes for 28 days; divided into 8 groups: Group 1: pattern concrete, Group 2: pre-dosed dry concrete adding 4.26 liters of water, Group 3: pre-dosed dry concrete adding 4.34 liters of water, Group 4: pre-dosed dry concrete adding 4.42 liters of water, Group 5: pre-dosed dry concrete adding 4.50 liters of water, Group 6: pre-dosed dry concrete adding 4.58 liters of water, Group 7: pre-dosed dry concrete adding 4.66 liters of water and Group 8: pre-dosed dry concrete adding 4.74 liters of water; having as a final result that the average variation in the compressive strength of dry concrete pre-dosed at $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ using different amounts of water is 11.79% compared to traditional concrete for the 28 days of curing.

Keywords: Concrete, compressive strength, pre-dosed dry concrete, variation in resistance, amount of water, concrete specimens

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector construcción es muy importante para la economía peruana por su relación con actividades productivas en otras industrias; es una fuente directa importante de empleo y agrupa importantes proyectos de infraestructura, por tal sentido, es pertinente conocer mejor los materiales que se emplean en cada proyecto. (ComexPerú, 2022)

El concreto es el material predominante en la construcción en el Perú debido a sus múltiples ventajas y aplicaciones. Es esencial conocer sus propiedades físicas y mecánicas para asegurar la calidad de las edificaciones. El concreto es valorado por su durabilidad, resistencia y versatilidad, ya que puede ser moldeado en diversas formas durante su estado fluido. La calidad del concreto depende de la proporción de sus componentes, la mano de obra y el proceso de curado después del vaciado. (Construyendo Seguro, 2024)

El manejo adecuado de la mezcla de concreto es esencial para asegurar la calidad y durabilidad del material en las construcciones. Para lograr una mezcla de concreto adecuada, es importante seguir ciertos pasos y recomendaciones: Selección y dosificación de materiales, mezclado, control de la cantidad de agua, adición de aditivos, vertido y compactación, y curado; siguiendo estos pasos y recomendaciones, se puede asegurar una mezcla de concreto de alta calidad, adecuada para diversas aplicaciones en la construcción. (Construction How, 2024)

La evolución de la tecnología ha permitido desarrollar mezclas de concreto embolsadas, ofreciendo comodidad y calidad constante para la construcción. Estas mezclas preempaquetadas simplifican el proceso de preparación del concreto, garantizando que se utilicen las proporciones correctas de cemento, arena y grava. (Family Handyman, 2023)

Morillas y Plasencia (2018) encontraron que el concreto premezclado en seco llega a una resistencia a la compresión requerida a los 28 días, alcanzando valores entre 275.12 kg/cm² a 313.50 kg/cm², estas resistencias que pasan el requerimiento de 210 kg/cm² se debe a que se agregan un factor de seguridad en el caso que no se encuentre un registro de probetas ensayada.

El control inadecuado del mezclado de concreto en el Perú es un problema significativo que puede tener graves repercusiones en la calidad y seguridad de las construcciones. El concreto es un material fundamental en la construcción de infraestructuras y edificaciones, por lo que cualquier fallo en su preparación puede comprometer la integridad estructural de las obras. Una de las causas fundamentales del mal control del mezclado de concreto es la falta de capacitación del personal encargado de la mezcla, pues muchos trabajadores no cuentan con conocimiento necesario sobre las proporciones correctas de los materiales o sobre los tiempos de mezclado (Cementos Pacasmayo, 2021)

Hace algunos años, la compañía de cemento “Pacasmayo” sacó al mercado el Concreto Seco Embolsado Predosificado – Rapimix Pacasmayo, en sus tres presentaciones: con cemento Tipo I, Tipo MS y tipo V, teniendo como objetivo garantizar la exactitud de la medición de cada material y el cumplimiento con la resistencia. Sin embargo, al contar con muy escasa información de la cantidad de agua necesaria para obtener una resistencia requerida, es que genera muchas dudas en si afecta a la resistencia a compresión del concreto el añadir más o menos agua de lo recomendado. Pues en sus recomendaciones del fabricante menciona que para el Concreto Seco Embolsado Predosificado, en específico con cemento Tipo I, se necesita añadir a la mezcla 4.50 litros de agua, pero, dan un margen de ± 0.25 litros de agua para cada bolsa. (Cementos Pacasmayo, 2023)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuánto varía la resistencia a compresión del concreto seco predosificado a $f'c = 210$ kg/cm² – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I, usando diferentes cantidades de agua en comparación del concreto tradicional?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis General

El concreto seco predosificado a $f'c = 210$ kg/cm² – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I elaborado con diferentes cantidades de agua a edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento de 10% en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado de manera tradicional.

1.3.2. Hipótesis Específico

- La resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f'c = 210$ kg/cm² – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.26 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 16 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta.
- La resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f'c = 210$ kg/cm² – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.34 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 14 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta.
- La resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f'c = 210$ kg/cm² – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.42 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 12 % en su resistencia a

compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta.

- La resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.50 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 10 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta.
- La resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.58 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 8 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta.
- La resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.66 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 6 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta.
- La resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.74 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 4 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta.

1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES

En la presente tesis se tienen las siguientes variables:

1.4.1. Variable Independiente

- Adición de cantidad de agua al concreto seco predosificado $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I para la elaboración del concreto.

1.4.2. Variables Dependientes

- Variación de la resistencia a la compresión del concreto.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justifica por el aporte al conocimiento respecto a la variación de la resistencia a la compresión que causa al añadirle agua en diferentes cantidades al concreto seco predosificado.

Esta investigación se centra en brindar el conocimiento hacia la comunidad científica y a los actores principales dentro del sector la construcción, como son: técnicos en construcción, albañiles, obreros, entre otros, porque se busca encontrar el porcentaje de variación que genera en la resistencia del concreto al utilizar el concreto predosificado seco añadiéndole diferentes cantidades de agua.

Además, contribuye en el conocimiento técnico-practico sobre el concreto seco predosificado en las proporciones recomendadas por el fabricante, así mismo estos concretos elaborados con diferentes cantidades de agua son comparados con un concreto patrón en similares condiciones de tiempo de fragua y resistencia a la compresión.

1.6. ALCANCES Y DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Alcances y Delimitaciones

- Está delimitada por la utilización de sólo una presentación de concreto predosificado seco: el Concreto Seco Embolsado Predosificado – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Se evaluó una propiedad mecánica del concreto, la resistencia a la compresión axial.

- Se elaboraron probetas con concreto seco predosificado añadiendo las siguientes cantidades de agua: 4.26l, 4.34l, 4.42l, 4.50l, 4.58l, 4.66l y 4.74l.
- Para la elaboración de los concretos patrones, se utilizó el cemento Portland tipo I y los agregados usados fueron extraídos del río Chonta de la cantera Aguilar. Además de ello, la resistencia requerida del concreto fue de 210 kg/cm².
- La investigación duró aproximadamente 5 meses, la etapa de campo se realizó en laboratorio de ensayo de materiales la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.7. LIMITACIONES

No se realizó el ensayo de durabilidad, la resistencia a flexión y la resistencia a la tracción de las probetas elaboradas con concreto seco predosificado.

Otra de las limitaciones de esta investigación radica en que sólo se usó cantidades de agua recomendadas por el fabricante para la elaboración del concreto seco predosificado.

1.8. OBJETIVOS

1.8.1. Objetivo General

- Determinar la variación de la resistencia a compresión del concreto seco predosificado a $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I, usando diferentes cantidades de agua en comparación con el concreto tradicional.

1.8.2. Objetivos Específicos

- Encontrar la variación de la resistencia a compresión promedio de las probetas elaboradas con el concreto seco predosificado $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I al añadirle 4.26 litros de agua por bolsa, en comparación con el concreto patrón para los 7, 14 y 28 días.
- Hallar la variación de la resistencia a compresión promedio de las probetas elaboradas con el concreto seco predosificado $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix

Pacasmayo con cemento Tipo I al añadirle 4.34 litros de agua por bolsa, en comparación con el concreto patrón para los 7, 14 y 28 días.

- Estipular la variación de la resistencia a compresión promedio de las probetas elaboradas con el concreto seco predosificado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I al añadirle 4.42 litros de agua por bolsa, en comparación con el concreto patrón para los 7, 14 y 28 días.
- Decretar la variación de la resistencia a compresión promedio de las probetas elaboradas con el concreto seco predosificado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I al añadirle 4.50 litros de agua por bolsa, en comparación con el concreto patrón para los 7, 14 y 28 días.
- Establecer la variación de la resistencia a compresión promedio de las probetas elaboradas con el concreto seco predosificado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I al añadirle 4.58 litros de agua por bolsa, en comparación con el concreto patrón para los 7, 14 y 28 días.
- Definir la variación de la resistencia a compresión promedio de las probetas elaboradas con el concreto seco predosificado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I al añadirle 4.66 litros de agua por bolsa, en comparación con el concreto patrón para los 7, 14 y 28 días.
- Averiguar la variación de la resistencia a compresión promedio de las probetas elaboradas con el concreto seco predosificado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I al añadirle 4.74 litros de agua por bolsa, en comparación con el concreto patrón para los 7, 14 y 28 días.

1.9. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Comprende el planteamiento del problema, formulación del problema, hipótesis de la investigación, justificación de la investigación, alcances de la investigación, objetivos de la investigación y descripción del contenido.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Contiene antecedentes teóricos, bases teóricas, definición de términos básicos.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS

Presenta la ubicación geográfica donde se realizó la investigación, procedimientos en los que se describe el desarrollo cronológico de la investigación, análisis de datos y presentación de resultados.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se describe y discute los resultados siguiendo la secuencia de los objetivos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Abarca las conclusiones para cada objetivo planteado y recomendaciones del proyecto de investigación.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Integra las citas bibliográficas.

APÉNDICE

Propiedades de los agregados.

Diseño de mezclas.

Elaboración de concreto seco predosificado en laboratorio.

Ensayo a compresión de probetas de concreto.

Esfuerzo vs deformación unitaria.

Fotos del desarrollo de la Tesis.

ANEXOS

Ficha Técnica del Cemento Pacasmayo Portland Tipo I.

Ficha Técnica del Concreto Seco Embolsado Predosificado – Rapimix Pacasmayo.

Constancia de Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se refiere a las investigaciones que exponen teorías de la tesis de investigación, entre las que tenemos:

2.1.1. *Antecedentes Internacionales*

Guerrero y Prado (2017). “Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el Municipio de Ocaña, norte de Santander”. Se llegó a la conclusión que la resistencia a la compresión no presentó un patrón constante de crecimiento o disminución respecto al tiempo. También, se determinó que la resistencia alcanzada fue superior a la previamente especificada en el diseño de la mezcla. Se ha demostrado que uno de los factores más importantes a la hora de producir concreto o mortero de alta calidad es el agua, ya que no proporcionar la cantidad correcta de agua puede afectar negativamente al rendimiento del concreto. Dicha investigación ayuda a analizar la resistencia a la compresión de las muestras cilíndricas de concreto predosificadas y el efecto del proceso de producción de la mezcla sobre dichas propiedades mecánicas, ya que los defectos de producción del concreto se evalúan a través de varias pruebas y estudios.

Flórez y Rueda (2021). “Análisis de las propiedades mecánicas del concreto seco de 4000 psi (280kg/cm²) reforzado con fibras de acero y PET, expuesto a temperaturas de 300 °C a 500 °C.”. Se puede deducir que en el análisis a la compresión existe una disminución de la resistencia para las probetas de concreto seco con adición de fibras de acero y sin adición de fibras a medida que va incrementando la temperatura, mientras que para la probeta con adición de fibras PET existe un ligero incremento en su resistencia a medida que va incrementando la temperatura. Por otro lado, para el análisis de la resistencia a la

flexión observaron que existe una disminución drástica de la resistencia a medida que se incrementa la temperatura. Dicha investigación concluyó que la temperatura afecta inversamente a la resistencia del concreto seco, siendo menor a mayor temperatura, salvo en el caso del concreto seco con incorporación de fibras PET, pues particularmente en este caso a mayor temperatura existe un ligero incremento en su resistencia a la compresión, pero una disminución en su resistencia a la flexión.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Flores Molocho, N. (2020). “Análisis comparativo de costos y resistencia a la compresión del concreto tradicional y el concreto predosificado seco, Trujillo 2020”. Se observó que el concreto predosificado seco es más conveniente que el concreto tradicional tomando en cuenta todas las variables analizadas, ya que, los testigos de concreto embolsado alcanzaron en promedio una resistencia de aproximadamente 133 % de la resistencia requerida. Además, resulta ser aproximadamente 21 % más económico que el concreto mezclado de manera tradicional tomando en cuenta los costos de mano de obra y materiales.

Morillas & Plasencia (2018). “Características mecánicas de un concreto premezclado en seco “concreto rápido” $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y su costo comparativo”. Se encontró que para los ensayos de tracción alcanzando valores superiores a 22.08 kg/cm^2 representando aproximadamente el 8% al 15% de la resistencia a la compresión. Finalmente, para la resistencia a la tracción por flexión a la edad de 28 días alcanzó valores del módulo de rotura de 54.70 kg/cm^2 cuyo valor es superior al ensayo de compresión diametral debido a que presenta mayor dispersión.

Goicochea Infante, Deyvy (2018). “Análisis comparativo del comportamiento del concreto dosificado, mezclado y envasado en seco para un $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, con el concreto normal elaborado en obra”. Resultando que el concreto premezclado presenta una resistencia

a compresión axial a los 28 días de 310.01 Kg/cm²; a la edad de 14 días 231.15 Kg/cm² y a la edad de 7 días 175.34 Kg/cm² y el concreto normal presenta una resistencia a compresión axial a los 28 días de 325.00 Kg/cm²; a la edad de 14 días 250.25 Kg/cm² y a la edad de 7 días 195.00 Kg/cm². Estos datos se recopilaron utilizando métodos cualitativos y cuantitativos para luego ser procesados y analizados, concluyendo que los concretos mezclados y envasados en seco no presentan mayor resistencia a la compresión axial comparados con los concretos normales elaborados en obra.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. *Concreto Tradicional*

El concreto es un material formado por una mezcla de cemento, agua, agregados y aditivos opcionales, que inicialmente presenta una estructura plástica y maleable, que luego adquiere una consistencia rígida. Tiene propiedades aislantes y duraderas que lo convierten en un material de construcción ideal. (Santillán, 2019).

El concreto es un material tradicional que se produce mezclando tres ingredientes básicos (cemento, agua y agregados) y finalmente añadiendo un cuarto ingrediente, que a menudo se le llama aditivo. Al mezclar estos ingredientes y fabricar el llamado concreto se introduce simultáneamente un quinto actor, representado por el aire. (Vargas, 2021).

2.2.2. *Componentes del Concreto Tradicional*

Aproximadamente el 80% del peso del concreto está formado por partículas de piedra de diversos tamaños, a menudo denominadas agregados, árido o material inerte. Por tanto, las propiedades de estos materiales son decisivas para la calidad del hormigón. La calidad del material mineral depende de las condiciones geológicas de la roca madre, del proceso minero y de la empresa productora (canteras, etc.). Se recomienda a los fabricantes de concreto que comprueben la calidad del material inactivo antes del diseño detallado. Estos

materiales rocosos se añaden a la mezcla en dos proporciones diferentes según su tamaño, una llamada agregado grueso (triturado, cantos naturales o cantos artificiales) y otra denominada agregado fino (arena natural o arena extraída). El cemento más utilizado es el cemento Portland, que se elaboran en complejas plantas de fabricación responsables del control del producto y el aseguramiento de la calidad. Además de los agregados y agua especificados, a la mezcla se le añaden con mayor frecuencia ciertos productos químicos que, en pequeñas cantidades, pueden cambiar significativamente ciertas propiedades del concreto. Estos a menudo se llaman aditivos. (Díaz, 2022).

2.2.2.1. Cemento Portland. Es un producto de la trituración del Clinker Portland al que se le añade sulfato de calcio. En algunos casos se añaden otros productos, siempre que no afecten a las propiedades del cemento resultante. Se pueden producir diferentes tipos de cemento variando el contenido de C_2S , C_3S , C_3A y C_4AF para proporcionar las propiedades físicas y químicas requeridas en casos específicos. Están divididos en:

- **Cemento Portland Tipo I:** Se utiliza generalmente en trabajos normales de concreto y no requiere propiedades especiales.
- **Cemento Portland Tipo I-M:** También es apto para trabajos generales y no requiere propiedades especiales, pero tiene una resistencia superior al tipo I.
- **Cemento Portland Tipo II:** Se usa comúnmente en proyectos donde el concreto estará expuesto a una exposición moderada a sulfatos y donde se requiere un calor de hidratación moderado.
- **Cemento Portland Tipo III:** Este cemento se caracteriza por su desarrollo rápido de resistencia. Se recomienda emplear cuando se quiera adelantar el desencofrado. Al fraguar, produce alto calor, por lo que es aplicable en climas fríos.

- **Cemento Portland Tipo IV:** Al fraguar produce bajo calor, recomendable para vaciados de grandes masas de concreto.
- **Cemento Portland Tipo V:** De muy alta resistencia a la acción de las sales, recomendado cuando los elementos de hormigón entran en contacto con agua o ambientes salinos.

2.2.2.1.1. Composición del Cemento. Los tres componentes del cemento son cal, sílice y alúmina. Además, la mayoría de los cementos también contienen pequeñas cantidades de óxido de hierro, magnesia, trióxido de azufre y álcalis. La composición del cemento Portland ha cambiado a lo largo de los años, principalmente con un aumento del contenido de cal y una ligera disminución del contenido de sílice. Una vez que el contenido de cal excede un cierto valor, es difícil combinarlo completamente con otros compuestos. Por tanto, el Clinker contendrán cal libre y la resistencia del cemento disminuirá. El aumento del contenido de sílice a expensas del óxido de aluminio y del óxido de férrico dificulta la fusión del cemento y la formación de Clinker. El cemento Portland se compone de los siguientes compuestos.

Tabla 1. Principales componentes del cemento

Nombre del Compuesto	Composición del óxido	Abreviatura	Porcentaje
Silicato de tricalcio	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	48% - 52%
Silicato de bicalcio	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	17% - 27%
Aluminio de tricalcio	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	6% - 10%
Ferro aluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	9% - 11%

Fuente: Geologiaweb.com (2021)

2.2.2.1.2. Propiedades Físicas y Mecánicas del Cemento. Entre las propiedades físicas y mecánicas del cemento podemos encontrar las siguientes.

- **Finura del cemento.** La finura se define como el tamaño de las partículas que componen el cemento; expresada en cm^2/g , la llamamos área de contacto o superficie específica; esto se refleja en el proceso de hidratación del cemento ya que cuanto mayor es el contacto de superficie mejor y más rápido sea el tiempo de curado. Cuanto más fino es el cemento, más rápido entra en contacto con el agua.
- **Peso específico del cemento.** El peso específico expresa la relación entre la muestra de cemento y el volumen absoluto. Mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Peso Específico} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

El peso específico del cemento debería estar entre los valores de 3.10 a 3.15 g/cm^3 . Este valor no indica la calidad del tipo de cemento, sino que, es usado para el diseño de una mezcla. Que el valor de la densidad sea bajo, nos indica que el cemento presenta poco Clinker y mucho yeso.

- **Fraguado.** Es una transformación de un estado líquido al estado sólido. Al mezclar el agua con el cemento se crea una pasta, que con el pasar de tiempo, se rigidiza gradualmente hasta que finalmente se conforma una masa rígida, este cambio va de la mano de algunos cambios de temperatura en la pasta de cemento. Hay dos etapas de fraguado: el primero es el fraguado inicial: cuando la masa empieza a perder plasticidad y el segundo es el fraguado final: cuando la pasta de cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque sólido.

2.2.2.2. Agregados. Los agregados se definen como al conjunto de partículas inorgánicas (por lo general arena y piedra), los cuáles debido a sus características y propiedades influyen en las propiedades de concreto. (Barreto, 2021). Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan

entre el 62% y el 78% de la unidad cubica de concreto. (Vargas, 2021). Según la Norma Técnica Peruana, los agregados se clasifican en.

2.2.2.2.1. Agregado Fino. Agregado derivado de la descomposición natural o artificial de las rocas, donde sus partículas pasan el tamiz 3/8'' y son retenidas en el N° 200.

2.2.2.2.2. Agregado Grueso. Derivado de la grava o de la trituración natural o artificial de la piedra, en donde sus partículas pasan el tamiz N° 4.

2.2.2.2.3. Propiedades físicas de los agregados. Tenemos.

➤ **Peso Unitario.** El peso unitario es influenciado por condiciones intrínsecas tales como: granulometría, contenido de humedad, gravedad específica, perfil y textura superficial, y de factores externos como: relación del diámetro nominal máximo con el volumen de recipiente, grado de compactación impuesto, entre otros.

Peso Unitario Suelto (P.U.S.). Es el valor que se obtiene de la relación entre el peso y el volumen del agregado que cae sobre el recipiente, hasta llenarlo por acción de la gravedad.

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Peso Unitario Compactado (P.U.C.). Ensayo parecido al peso unitario suelto, pero con la diferencia de que se compacta el agregado por capas usando una varilla normalizada.

$$P.U.C. = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

➤ **Peso Específico.** Es la relación del peso del material con el peso del agua con el mismo valor de volumen; este valor es de gran importancia para los cálculos de

control y diseño de las mezclas de concreto. Con el valor del peso específico obtenido, el material se puede clasificar en:

Ligero, cuando el peso específico es menor a 2.5 g/cm^3 .

Normal, cuando el peso específico se encuentra entre 2.5 a 2.75 g/cm^3 .

Pesado, cuando el peso específico es mayor a 2.75 g/cm^3 .

- **Absorción.** Es la disposición que tiene el material de atrapar agua en sus poros, luego de ser sumergidos en ésta durante 24 horas. El valor de la absorción influye en la dosificación del agua en el concreto y puede hacer variar propiedades tales como la resistencia o la trabajabilidad de éste. La fórmula para calcular la absorción es la siguiente:

$$\%Absorción = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde: A = Peso del agregado seco (g)

B = Peso del agregado saturado superficialmente seco (g)

- **Contenido de humedad.** Los agregados en su estado natural presentan humedad en su superficie, y con el contenido de humedad establece la cantidad de agua que contiene, este valor varía según las condiciones ambientales y el tiempo de almacenaje. Se aplicará la siguiente fórmula:

$$\%C.H. = \frac{(\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} \times 100$$

- **Granulometría.** Es la determinación de la distribución por tamaños de las partículas de los agregados, expresándolos en porcentajes con respecto al peso total. Los valores se obtienen por medio de la separación de las partículas usando tamices que se colocan progresivamente de aberturas de mayor a menor tamaño. La NTP 400.037 establece los límites granulométricos tanto para agregado grueso y agregado fino.

Tabla 2. Requisitos granulométricos del agregado grueso

Huso ASTM	Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasa (%)							
		3.75 mm 1 1/2"	25 mm 1"	19 mm 3/4"	12.5 mm 1/2"	9.5 mm 3/8"	4.75 mm N° 4	2.36 mm N° 8	1.18 mm N° 16
5	22 mm a 12.5 mm (1" a 1/2")	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-
56	25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1" a N° 4)	100	95 a 100	-	25 a 65	-	0 a 10	0 a 5	-
6	19 mm a 9.5 mm (3/4" a 3/8")	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-
67	19 mm a 4 mm (3/4" a N° 4)	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2" a N°4)	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-
8	9.5 mm a 1.18 mm (3/8" a N° 16)	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.37 (2018)

Tabla 3. Requisitos granulométricos del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.37 (2018)

- **Módulo de finura.** Es un indicador representado por un número adimensional que señala el tamaño de las partículas predominante del agregado. Su medida sirve como valor lubricante, debido a que la cantidad de agua por área superficial tiene una relación inversa con respecto al valor del módulo de finura.

$$M.F. = \frac{\sum \% \text{acumulados retenidos} \left(1 \frac{1}{2}'' , \frac{3}{4}'' , \frac{3}{8}'' , N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100 \right)}{100}$$

2.2.2.3. Agua de Mezcla. El agua debe tener una apariencia limpia, libre de cualquier tipo de contaminantes que puedan ser perjudiciales para el concreto. Si se encuentra alguna sustancia u objeto en el agua que dé lugar a duda de la calidad del líquido, esta no se debe usar a menos que existan registros de concretos elaborados con ésta, o información que indique que no perjudica la calidad del concreto. (Chávez, 2023).

La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el concreto quede trabajable. (Santillán, 2019).

Tabla 4. Valores máximos admisibles del agua

Sustancias disueltas	Valor Máximo Admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Ríos (2022)

2.2.3. Concreto premezclado en seco

Es la combinación uniforme de proporciones apropiadas de agregado grueso, arena gruesa, cemento portland y aditivos, mezclados en fábrica que se suministra en estado seco para luego ser combinado con una cantidad adecuada de agua, obteniendo una mezcla apropiada a la resistencia que se requiere. Estos productos tienen un gran potencial de ventas en el mercado ya que es una idea tentativa a su facilidad y simplicidad de empleo. (Morillas & Plasencia, 2018).

2.2.4. Componentes del concreto premezclado en seco

Los componentes básicos del concreto seco, son los mismos que se han utilizado tradicionalmente en obra, es decir, conglomerantes (cemento) que denominamos componentes activos y los agregados que denominamos componentes inertes. El agua precisa para efectuar su mezcla y la necesaria hidratación del concreto en obra se añade en obra, la cantidad es señalada en el embolsado. (Goicochea, 2018).

2.2.4.1. Cemento. El cemento es un conglomerante hidráulico que, al mezclarse con agregados y agua, tiene la propiedad de formar un bloque de piedra resistente y duradero llamado hormigón debido a cambios químicos en su masa. Es el más común en la industria de la construcción. Se tiene tres tipos de cementos, para estos casos:

- Cemento Portland, cumpliendo con la NTP 334.009
- Cementos adicionados, cumpliendo con la NTP 334.082 o NTP 334.090
- Cementos de albañilería, cumpliendo con la NTP 334.069

2.2.4.2. Agregados. El agregado deberá cumplir con la NTP 400.037 y el tamaño máximo nominal del agregado grueso no excederá los 25 mm. Durante la fabricación del

producto, todos los agregados deben secarse sin degradación hasta un contenido de humedad inferior al 0,1 % en peso.

2.2.4.3. Agua. Está claro que en el caso del concreto seco el agua está en un segundo plano desde el punto de vista industrial, porque el agua se añade durante la obra o consumo del concreto. El agua utilizada en la preparación debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 334.088 y preferentemente ser potable. El agua que se encuentra en el sitio, ya sea potable o no potable, suele ser suficiente para la preparación del concreto.

2.2.4.4. Envase. El envase consta en una bolsa de dos pliegues de papel pegadas entre sí y tiene una abertura en la esquina superior que se llena mediante la máquina procesadora de embalaje automática. Las propiedades mostradas del envase se derivarán únicamente de las propiedades del papel y del proceso de fabricación del mismo. El empaque de papel debe poder resistir las tensiones de la producción, el embalaje y el almacenamiento. Los sacos de concreto seco tienen una capacidad de 40 kg, pero varían en tamaño según el fabricante.

2.2.5. *Concreto seco embolsado predosificado – Rapimix Pacasmayo*

El concreto seco embolsado es una mezcla predosificada de cemento, agregados y aditivo en polvo, sólo requiere la adición de agua y un mezclado manual o mecánico para ser usado de forma inmediata.

2.2.5.1. Materiales. El concreto seco embolsado predosificado – Rapimix Pacasmayo presenta los siguientes materiales:

2.2.5.1.1. Cemento. De procedencia del grupo Pacasmayo, considerando los siguientes tipos:

- Cemento Tipo MS, elaborado conforme a NTP 334.082.
- Cemento Tipo I y Cemento Tipo V, elaborado conforme a NTP 334.009

2.2.5.1.2. Agregado Grueso y Agregado Fino. En base al cumplimiento con la norma NTP 400.037 y con gradación global controlada para una mejor performance en la aplicación en obra.

2.2.5.1.3. Aditivos. Cumplen con los requisitos de desempeño y los requisitos de uniformidad y equivalencia de la NTP 334.088.

2.2.5.2. Modo de empleo. El concreto seco embolsado predosificado – Rapimix Pacasmayo presenta el siguiente modo de empleo:

- **Preparar,** el lugar donde se vaciará el producto, verificar limpieza y ubicación de los aceros de refuerzo y el recubrimiento, así como la limpieza y el ajuste correcto de los encofrados o bases que recibirán el concreto.
- **Agregar,** entre el 80 y 90% del agua recomendada que se encuentra en la siguiente tabla a un recipiente limpio y seco.

Tabla 5. Cantidad máxima de agua por bolsa

f'c (kg/cm ²)	Asentamiento Requerido	Cantidad de agua (Litros ± 0.25) / bolsa de 40 kg		
		Tipo I	Tipo MS (MH)	Tipo V
100	7 ± 1 1/2 pulg.	4.50	4.75	4.50
210		4.50	4.75	4.50
280		4.50	4.75	4.50
350		4.50	4.75	4.50

Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A. (2023)

- **Mezclar,** con mezcladora o manualmente hasta obtener un material homogéneo. El ajuste de la consistencia del concreto se puede realizar con el 10% y 20% de agua restante o agregando más bolsa de concreto seco a la tanda. Una vez abierta la bolsa, utilizar en su totalidad el producto.

- **Colocar**, el concreto en capas no mayores a 50 cm. y compactar cada capa empleando un método que garantice la ocupación total de los espacios y la ausencia de cangrejeras. No vibrar las varillas de refuerzo y evitar caídas de gran altura.
- **Curar**, de manera oportuna y eficiente para prevenir fisuras y defectos superficiales, recomendable por al menos los primeros 7 días.

2.2.5.3. Aplicaciones. El concreto seco embolsado predosificado – Rapimix Pacasmayo presenta las siguientes aplicaciones:

- **$f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$** : Veredas, pisos, losas aligeradas, muros de contención, solados, elementos arquitectónicos, y otras estructuras que requieran esta resistencia.
- **$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$** : Cimentaciones, columnas, vigas, losas sobre terreno, macizas y aligeradas, muros de contención, placas, pavimentos o parches, elementos arquitectónicos y otras estructuras que requieran esta resistencia.
- **$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$** : Cimentaciones, columnas, vigas, losas sobre terreno, macizas y aligeradas, muros de contención, placas, pavimentos o parches, elementos arquitectónicos y otras estructuras que requieran mayor resistencia, menor permeabilidad y mayor durabilidad.
- **$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$** : Cimentaciones, columnas, vigas, losas sobre terreno, macizas y aligeradas, muros de contención, placas, pavimentos o parches, elementos arquitectónicos y otras estructuras que requieran mayor resistencia, menor permeabilidad y mayor durabilidad.

2.2.5.4. Características del concreto seco. El concreto seco embolsado predosificado – Rapimix Pacasmayo presenta las siguientes características:

Tabla 6. Características de concreto seco embolsado

Características/ Ensayo	Requisito		Norma de Referencia	Norma de Ensayo
Cemento	Tipo MS		NTP 334.082	Indicadas en las normas de referencia
	Tipo I y V		NTP 334.009	
Agregados	Conformes a NTP 400.037		NTP 400.037	
Tamaño Máximo Nominal (TMN) Agregado grueso	Huso	(TMN)	NTP 400.037	NTP 400.012
	8	3/8"		
Asentamiento (SLUMP)	De 4 a 9 pulgadas		Requerimiento del cliente	NTP 339.035
Resistencia a la compresión (f'c) a 28 días	175 kg/cm ² 210 kg/cm ² 280 kg/cm ² 350 kg/cm ²		Requerimiento del cliente	NTP 339.034
Rendimiento por bolsa	Peso por bolsa : 40 kg Volumen por bolsa : 0.019 m ³ bolsa/m ³ : 53 ± 1		Informativo	Informativo

Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A. (2023)

2.2.5.5. Ventajas. El concreto seco embolsado predosificado – Rapimix Pacasmayo presenta las siguientes ventajas:

- **Calidad.** El concreto seco embolsado se fabrica bajo un sistema de Gestión de Calidad que contempla un programa de aseguramiento y control de calidad de las materias primas, producto en procesos, con lo que se garantiza la entrega de un concreto seco conforme.
- **Economía.** Mínimos desperdicios en obra, vaciado más rápido y eficiente frente al sistema tradicional.
- **Fácil transporte y aplicación.** Facilita el transporte a lugares de difícil acceso y su aplicación en obra.
- **Optimiza tiempos.** Aumenta la velocidad en obra y disminuye el requerimiento de personal.

- **Dosificación automatizada.** Que garantiza la exactitud de la medición de cada material y el cumplimiento con la resistencia.
- **Resistencia garantizada.** Resistencia verificada mediante ensayos de resistencia automatizados. Se controla el desarrollo de la resistencia a distintas edades y se verifica conformidad a los 28 días.
- **Limpieza.** Se eliminan los desperdicios y contaminación de materiales que ocurren en obra con el sistema tradicional.
- **Certificado de calidad.** Con trazabilidad a cada lote de producción.

2.2.5.6. Recomendaciones de Uso. El concreto seco embolsado predosificado – Rapimix Pacasmayo presenta las siguientes recomendaciones de uso:

- **Almacenamiento,** las bolsas de concreto seco embolsado deben ser almacenadas protegidas en todo momento de la humedad y de la intemperie, en un ambiente con techo impermeable y sobre una cama conformada por parihuelas y una lámina impermeable. Las bolsas de concreto seco embolsado no se deben apilar en más de 14 bolsas de altura.
- **Equipos y herramientas,** limpios y sin sustancia o material adheridos que puedan contaminar la mezcla.
- **Para la compactación,** vibrar por capas, ingresar 15 cm en capa anterior, controlar el tiempo de vibrado, no vibrar en exceso, emplear personal capacitado.
- **Para el curado,** iniciar el curado antes de que la superficie del concreto empiece a perder su brillo, evitar la pérdida de humedad, curar por lo menos 7 días.
- **Para el desencofrado,** elementos verticales se puede desencofrar a las 24 horas, y elementos horizontales (losas, vigas, etc.) se desencofrará cuando el concreto haya

llegado mínimo al 75% de la resistencia a la compresión de probetas elaboradas y curadas en condiciones de obra o cuando el especialista lo recomiende.

Figura 1. Concreto seco embolsado predosificado



Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A. (2023)

2.2.6. Propiedades del Concreto

Al analizar las propiedades del concreto, se encuentran estrechamente relacionadas con las características y proporciones relativas de los materiales que lo constituyen; la calidad, cantidad y densidad de la pasta juegan un papel crucial en el comportamiento del concreto, y la proporción de agua-cemento está relacionada con las propiedades de la misma.

2.2.6.1. Propiedades del Concreto en Estado Fresco. Se refiere al concreto recién hecho en estado plástico y fácil de trabajar, que no fragua ni se endurece y toma forma como los correspondientes moldes.

2.2.6.1.1. Trabajabilidad. La trabajabilidad, también llamada manejabilidad, se considera una propiedad del concreto en estado fresco que determina su capacidad de transportar, colocar, vibrar para asegurar un correcto fraguado y acabado sin segregación alguna.

2.2.6.1.2. Consistencia. La consistencia es la denotación del estado de fluidez cuando el concreto está fresco, se denomina grado de humedad en una mezcla fresca; cuando no fluye (seca) o cuando fluye (fluida). Generalmente la consistencia de una mezcla está determinada por el grado de asentamiento. Corresponden a los menores asentamientos a las mezclas más secas y los mayores a las consistencias fluidas.

Tabla 7. Relación consistencia-asentamiento

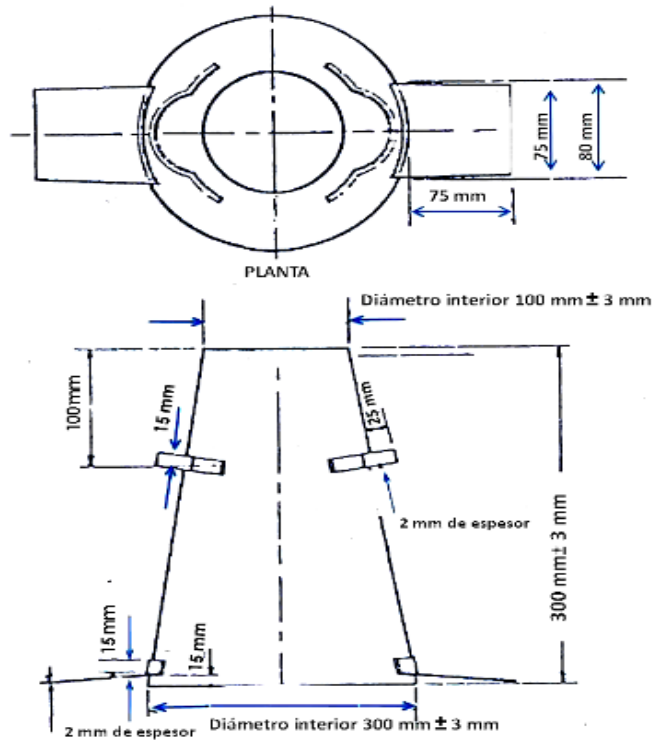
Consistencia	Asentamiento	
	(in.)	(cm.)
Seca	1" a 2"	2.5 cm a 5.0 cm
Plástica	3" a 4"	7.5 cm a 10.0 cm
Fluida	6" a 7"	15.0 cm a 17.5 cm

Fuente: Pacheco (2017)

Los equipos y herramientas utilizadas para medir el asentamiento del concreto en estado fresco son:

- **Molde.** Es un molde metálico, no presenta reacción con la pasta de cemento, con un espesor no menor a 1.5 mm, con la forma de la superficie lateral de un cono truncado con diámetros en la base de 200 mm y la parte superior de 100 mm con una altura de 300mm.
- **Varilla.** De acero, redonda con un diámetro de 16 mm, recta y aproximadamente de 600 mm de longitud, con los extremos redondeados de forma semiesférica.
- **Instrumento de medida.** Se puede utilizar reglas de plástico y de metal, también, flexómetros.

Figura 2. Dimensiones del molde para ensayo

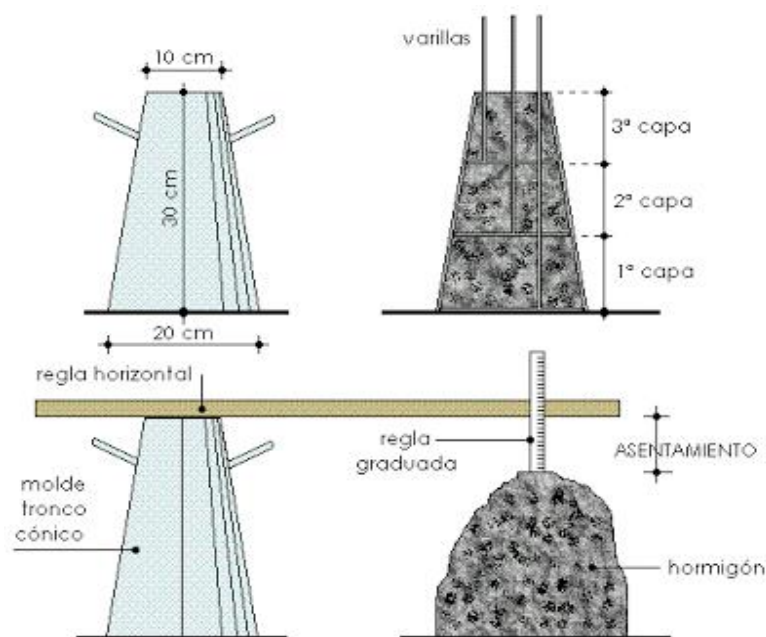


Fuente: NTP 339.035

El procedimiento a realizar para medir el asentamiento del concreto inicia humedeciendo el molde y la plancha de acero base, y colocar el molde sobre la plancha de acero en una superficie rígida y nivelada; después apoyar el molde firmemente sobre la plancha y presionando con los dos pies los estribos del molde. Procurando no mover los pies durante el llenado; luego el llenado del molde se debe realizar en tres capas de igual volumen, la primera capa a una profundidad de 70 mm, la segunda hasta de 160 mm y la tercera hasta el borde superior del molde; en esta última capa se agrega una cantidad de mezcla suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación; a continuación, la compactación se realiza en cada capa con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones de forma uniforme. La compactación de la primera capa es en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior. Al compactar la última capa se mantiene un excedente de concreto todo el tiempo; en el siguiente paso se enrasa el

concreto rodando la varilla de compactación sobre el borde del molde; se continúa manteniendo el molde firme y se remueve el concreto alrededor del área circundante de la base del molde para prevenir la interferencia en el momento del asentamiento del concreto; luego se levanta el molde por encima de los 300 mm de un solo movimiento; finalmente, se mide el asentamiento con una precisión de 5 mm desde la parte superior del molde hasta el centro desplazado de la superficie original del concreto asentado.

Figura 3. Pasos para determinar el asentamiento del concreto



Fuente: NTP 339.035

2.2.6.2. Propiedades del Concreto en Estado Endurecido. Para el caso del concreto endurecido se consideraron varias propiedades importantes tales como las que tienen que ver con la resistencia obtenida después de fraguado.

2.2.6.2.1. Resistencia a la Compresión. La resistencia del concreto se define como la fuerza máxima que el material puede soportar sin romperse. Dado que el hormigón está diseñado principalmente para resistir esfuerzos de compresión, se utiliza una medida de su resistencia a dichas tensiones como índice de su calidad. La resistencia a la compresión del

concreto es la medida más frecuente y utilizada para realizar los diseños de edificaciones y otras estructuras. El valor está representado por la carga máxima que soporta el concreto y se mide mediante la fracturación por carga axial de probetas cilíndricas de concreto en una máquina para ensayos a compresión. (Barreto, 2021). Su fórmula para la resistencia compresión es:

$$F'c = \frac{4 \times G}{\pi \times D^2}$$

Donde:

F'c : Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²)

G: Carga máxima de rotura (kg)

D: Diámetro promedio del espécimen (cm)

Los equipos y herramientas utilizadas para medir la resistencia del concreto son:

- **Máquina de ensayo.** Es una máquina de compresión hidráulica con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas.
- **Platos retenedores con discos de neopreno.** Se utiliza platos retenedores que son fabricados en acero colado cuya superficie es plana en 0.002 pulgadas, que contienen discos de neopreno para colocarlos en las caras de los especímenes para que estas se presenten niveladas y paralelas.
- **Calibrador vernier.** Es un instrumento mecánico que se utiliza para medir las dimensiones de las probetas con una precisión de hasta 0.5 mm.
- **Balanza electrónica.** La balanza se utiliza para pesar los especímenes cilíndricos de concreto antes de ser ensayados a resistencia a compresión, es una balanza electrónica de una precisión de 5 gr y de un pesado máximo de 30 kg.

2.2.6.2.2. Procedimiento para medir Resistencia a la Compresión. El procedimiento a realizar para medir la resistencia a la compresión del concreto es:

- **Tolerancia permisible de tiempo de ensayo.** Se empieza el ensayo tan pronto como el espécimen es retirado de la cámara de curado y conservar así sus condiciones de humedad, respetando el siguiente cuadro:

Tabla 8. Tolerancia permisible de tiempo de ensayo según la edad de los especímenes

Edad	Tolerancia permisible del tiempo de ensayo
24 horas	± 0.5 horas o 2.1%
3 días	2 horas o 2.8%
7 días	6 horas o 3.6%
28 días	20 horas o 3.0%
90 días	2 días o 2.2%

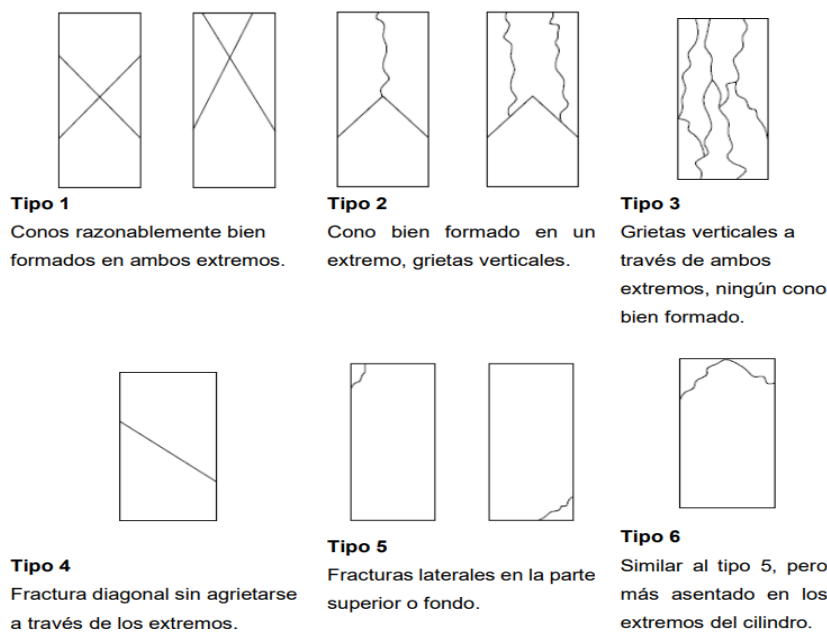
Fuente: Aguirre (2018)

- **Dimensiones de los especímenes.** Se miden dos diámetros con el calibrador vernier, 2 medidas en forma de cruz y una tercera medida en la altura.
- **Colocación de los especímenes en la máquina compresora.** Se limpia la superficie de los soportes inferiores y superiores de la compresora, se coloca el espécimen con los platos contenedores con neopreno en ambas caras de éste, alineando los ejes del espécimen con el centro del bloque de empuje inferior y el bloque movable superior, se descende el bloque movable superior lentamente hasta poner en contacto con el plato contenedor superior.
- **Aplicación de cargas.** La carga se aplica continuamente con un rango de 2.5 ± 0.5 kg/cm² por segundo lo que aproximadamente para estos especímenes de diámetro de 150 mm sería la aplicación de carga de 0.5 toneladas por segundo. Se aplica la carga

hasta que el espécimen falle y se registra la máxima carga soportada por el espécimen.

- **Análisis de tipo de fractura y apariencia del concreto.** Después de aplicar la carga y terminar el ensayo se procede a registrar el tipo de falla de cada espécimen en fotografías, para luego poder clasificarla según la figura a continuación.

Figura 4. Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura



Fuente: NTP 339.034

2.3. FRECUENCIA DE LOS ENSAYOS

De acuerdo a las normas vigentes del Reglamento Nacional de Edificaciones y la ASTM se tiene el siguiente postulado:

“Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas de 6” de diámetro por 12” de altura (150 mm por 300 mm) confeccionadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de $f'c$ ” (Norma E 0.60, 2009). “El número mínimo de Especímenes es de 2 para especímenes de 150 mm de diámetro” (ASTM C39, 2018).

2.3.1. Propiedades del Diseño de Concreto

Se realizó el diseño de concreto bajo los estándares del comité del ACI-211 la cual se encuentra en el apartado de diseño de mezclas.

2.4. NORMAS ASTM

Usadas para realizar los ensayos de los agregados, elaboración de probetas y rotura de estas:

2.4.1. Resistencia la Compresión de Cilindros de Concreto

2.4.1.1. Alcance. El objetivo de este ensayo es determinar la resistencia a la compresión (f_c) de probetas cilíndricas de concreto que han sido moldeadas en el campo u obtenidas en laboratorio. Sólo es admisible el concreto con un peso unitario superior a 800 kg/m³. Probetas: Las probetas estándar son cilindros de concreto de 150 por 300 mm o de 100 por 200 mm. Se aceptan otros tamaños de cilindro siempre que se atengan a la fórmula Longitud/Diámetro = 2. La diferencia del diámetro de un espécimen individual con respecto al resto no debe ser superior al 2%. Para probetas de 150 mm de diámetro, se requieren dos, y para probetas de 100 mm de diámetro, tres.

2.4.1.2. Resumen del Procedimiento. Mediante este método de ensayo, se aplica una fuerza de compresión uniaxial a una velocidad de carga predeterminada de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s a los cilindros o machos moldeados. Dividiendo la mayor fuerza alcanzada durante el ensayo por el área de la sección transversal de la probeta, se calcula la resistencia a la compresión de la probeta. (ASTM C39, 2018).

2.4.2. Práctica Normalizada para la Preparación y Curado en Obra de las Probetas para Ensayo del Concreto

Utilizando muestras típicas de concreto fresco, esta norma describe cómo preparar y curar probetas cilíndricas y vigas para la construcción de proyectos. Requisitos Probetas

cilíndricas - Los cilindros moldeados colocados verticalmente y con una longitud dos veces superior al diámetro servirán como probetas para calcular la resistencia a la compresión o a la tracción. El diámetro del cilindro debe representar al menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. De acuerdo con la Norma C 172, la muestra de concreto se tamiza en húmedo si el tamaño máximo nominal del agregado excede 2 pulg, se debe utilizar probetas cilíndricas de 6x12 pulg. o de 4x8 pulgadas para el ensayo de resistencia a compresión. (ASTM C31, 2010).

2.4.3. Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad Aparente ("Peso Unitario")

Peso Unitario Compactado: Coloque tres capas aproximadamente iguales de agregados en el contenedor. Coloque el recipiente sobre una superficie sólida, como un suelo de cemento, levante los lados opuestos alternativamente unos 50 mm y, a continuación, deje caer el recipiente con un fuerte impacto para compactar cada capa. Las partículas de árido se asentarán en una condición de compactación densa como resultado de este proceso. Dejando caer el contenedor 50 veces -25 veces en cada lado- de la forma especificada, se puede compactar cada capa. Utilizando los dedos o una regla, nivele la superficie del árido de forma que las zonas más grandes que emergen por debajo de la superficie del recipiente se rellenen uniformemente con los salientes de los trozos grandes de árido grueso.

Peso Unitario Suelto: Utilizando una pala o azada, llene completamente el recipiente, soltando los áridos no más de 50 mm (2 pulgadas) por encima de la parte superior. Intente no separar las partículas de la muestra tanto como pueda. Usando los dedos o una regla, nivele la superficie del agregado de manera que los trozos grandes de agregado grueso ocupen uniformemente los espacios más grandes que emergen debajo de la superficie del

recipiente. Calcula las masas del recipiente por sí mismo y en relación con su contenido, luego redondea los resultados a 0,05 kg [0,1 lb] más cercano. (ASTM C29, 2017)

2.4.4. Método Estándar de Ensayo para Análisis por Tamizado de Agregados Fino y Grueso

Para determinar la distribución granulométrica, una muestra de ensayo de árido seco con una masa conocida se divide a través de una sucesión de tamices con aberturas progresivamente más pequeñas. Para obtener los datos requeridos por las normas que regulan la sustancia a ensayar, deben elegirse tamices con las aberturas adecuadas. Si se necesitan más tamices para controlar la cantidad de material en un tamiz o para ofrecer información adicional, como el módulo de finura, deben utilizarse. La muestra debe colocarse en el tamiz superior y los tamices deben estar de arriba abajo en orden decreciente de tamaño de abertura. El tiempo necesario debe determinarse por tanteo y debe utilizarse para agitar los tamices manualmente o con un agitador mecánico. Cálculos: Tomando como base la masa seca total inicial de la muestra de ensayo, los porcentajes de paso, los porcentajes totales retenidos o los porcentajes de las distintas fracciones de tamaño se calcularán con una aproximación del 0,1%. En el cálculo del análisis granulométrico, inclúyase la masa del material más fino que la malla de 75 μm (n.º 200) por lavado si la misma muestra de ensayo ya ha sido sometida a ensayo de conformidad con el método de ensayo C 117 de la ASTM. Todos los porcentajes deben calcularse utilizando la masa seca total de la muestra de ensayo. (ASTM C136, 2006)

2.4.5. Especificación Estándar para Agregados para Concreto

“Luego de usar el procedimiento ASTM C136, se procede al análisis del resultado con las siguientes tablas para determinar el uso y la curva granulométrica” (ASTM C33, 1999).

2.4.6. Densidad y Absorción del Agregado Grueso

Para rellenar eficazmente los poros, se sumerge una muestra de árido en agua durante unas 24 +/- 4 horas. Tras sacar la muestra del agua, se calcula su masa y se seca la superficie de la partícula. A continuación, se utiliza el método de desplazamiento de agua para calcular el volumen de la muestra. Por último, se seca la muestra y se calcula su masa. La densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción pueden calcularse utilizando las masas adquiridas y los cálculos del método de ensayo. (ASTM C127, 2001).

2.4.7. Método de Prueba Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del Agregado Fino

Para rellenar eficazmente los poros, se sumerge una muestra de árido en agua durante unas 24 ± 4 horas. Tras sacar la muestra del agua, se seca su superficie y se calcula su masa. A continuación, se coloca la muestra (o parte de ella) en un recipiente graduado y se calcula su volumen por el método gravimétrico o volumétrico. Después de secar la muestra en un horno, se calcula de nuevo la masa. La densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción pueden calcularse utilizando los datos de masa adquiridos y los cálculos del método de ensayo (ASTM C128, 2001).

2.4.8. Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Contenido de Humedad Total Evaporable de los Áridos por Secado

Calcule la masa de la muestra con una aproximación del 0,1%. Utilizando el medio de secado elegido, seque completamente la muestra dentro del recipiente, teniendo cuidado de no perder ninguna de las partículas. La pérdida de partículas puede producirse por la explosión de algunas de ellas debido a un secado extremadamente rápido. Cuando una temperatura más alta pueda cambiar las propiedades del agregado o cuando se necesite una medición más precisa, utilice un horno de temperatura controlada. (ASTM C566, 1997).

2.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.5.1. Resistencia a la Compresión Axial

Definida como el máximo esfuerzo que el material puede soportar sin romperse, se conoce como resistencia del concreto. La resistencia del concreto a los esfuerzos de compresión se mide y utiliza como índice de calidad porque es el esfuerzo principal que el material debe soportar (Rivva, 2014).

2.5.2. Concreto seco predosificado

Es una mezcla predosificada de cemento, agregados y aditivo en polvo, sólo requiere la adición de agua y un mezclado manual o mecánico para ser usado de forma inmediata (Cementos Pacasmayo S.A.A, 2023).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de ensayos de materiales (LEM) de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC).

Figura 5. Mapa de los departamentos del Perú



Fuente: inkaterra.com, 2023

Figura 6. Mapa de las provincias de Cajamarca



Fuente: inkaterra.com, 2023

Figura 7. Vista satelital de la UNC



Fuente: Google Earth, 2024

Tabla 9. Coordenadas del laboratorio de ensayo de materiales de la UNC

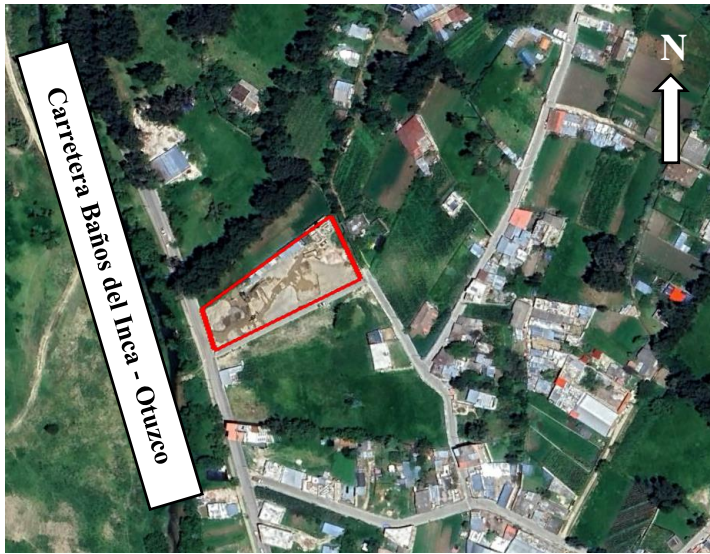
COORDENADAS UTM	
NORTE:	9207011.70 m
ESTE:	776611.60 m
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
LATITUD:	7° 10' 2.0" S
LONGITUD:	78° 29' 43.8" O

3.2. MATERIALES

3.2.1. Agregados

Los agregados que se usaron en el presente estudio de investigación provienen del río Chonta de la cantera Aguilar, ubicada en la localidad de Tartar Chico, en el distrito de Los Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca, con las siguientes coordenadas:

Figura 8. Vista satelital de la cantera Aguilar



Fuente: Google Earth, 2024

Tabla 10. Coordenadas de la cantera Aguilar, de donde se extrajeron los agregados

COORDENADAS UTM	
NORTE:	9208911.60 m
ESTE:	779902.10 m
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
LATITUD:	7° 08' 59.6" S
LONGITUD:	78° 27' 56.9" O

3.2.2. Cemento Portland Tipo I

Este cemento se utiliza en proyectos de construcción que no requieren ninguna característica particular. Brinda una mayor resistencia inicial y tiempos de fraguado más rápidos. (Cementos Pacasmayo, 2019).

3.2.3. Agua

Fue tomada del servicio de agua del laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.2.4. Concreto seco embolsado predosificado

Es una mezcla predosificada de cemento, agregados y aditivo en polvo, sólo requiere la adición de agua y un mezclado para ser usado (Cementos Pacasmayo S.A.A, 2023).

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. *Enfoque, Diseño, Tipo, Nivel y Método de Investigación*

3.3.1.1. Enfoque. Es cuantitativa; pues la resistencia a la compresión axial que es la característica del concreto que se estudia en esta investigación es cuantificable.

3.3.1.2. Diseño. Es experimental, porque se manipuló la variable de cantidad de agua en el mezclado del concreto.

3.3.1.3. Tipo. Es de tipo aplicada, debido a que tuvo por finalidad; resolver un determinado problema, enfocándose en evaluar la resistencia a compresión de un concreto.

3.3.1.4. Nivel. Es de nivel correlacional, su finalidad fue buscar la relación de interdependencia entre dos variables específicas.

3.3.1.5. Método. Es hipotético deductivo.

3.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de estudio está conformada por las probetas cilíndricas de 6” de diámetro y 12” de altura de un concreto patrón y las probetas de concreto con concreto seco predosificado añadiendo diferentes cantidades de agua ambos para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.5. MUESTRA

Se justifica el cálculo, utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado

Z_{α} = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

q = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

e = Error de estimación máximo aceptado

Se proponen valores por el investigador:

$Z_{\alpha} = 1.645$ NC = 90 % p = 86%

q = 14% e = 5%

Reemplazando en la fórmula:

$$n = \frac{1.645^2 * 0.86 * 0.14}{0.05^2}$$

Se obtiene: $n = 130.32$ probetas

$n = 135$ probetas (aproximamos)

Tabla 11. Número de probetas por grupos

PROBETA	GRUPO	CANTIDAD DE PROBETAS POR EDAD DE ROTURA		
		7 días	14 días	28 días
Concreto patrón	1	10	10	10
			30	
Con 4.26 litros de agua por bolsa	2	5	5	5
			15	
Con 4.34 litros de agua por bolsa	3	5	5	5
			15	
Con 4.42 litros de agua por bolsa	4	5	5	5
			15	
Con 4.50 litros de agua por bolsa	5	5	5	5
			15	
Con 4.58 litros de agua por bolsa	6	5	5	5
			15	
Con 4.66 litros de agua por bolsa	7	5	5	5
			15	
Con 4.74 litros de agua por bolsa	8	5	5	5
			15	
		TOTAL		135

3.6. UNIDAD DE OBSERVACIÓN

La unidad de observación son las probetas de concreto de 6" x 12" con una resistencia requerida a la compresión de 210 kg/cm².

3.7. UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis es la resistencia a compresión del concreto seco predosificado utilizando diferentes cantidades de agua.

3.8. PROCEDIMIENTO

Para cumplir con los objetivos planteados, se consideró las siguientes etapas:

3.8.1. Etapa 01: Elección de los Agregados

Se eligió los agregados del río Chonta de la cantera Aguilar, ubicada en Baños del Inca, por criterio técnico personal, presentando un agregado libre de impurezas orgánicas y que cumple con los requerimientos de la NTP, para la elaboración de concretos. Considerándose la más óptima para esta investigación. En este caso se eligió un agregado grueso de TMN de 3/8".

3.8.2. Etapa 02: Elección del concreto seco embolsado predosificado.

Se eligió teniendo un criterio técnico personal, un concreto seco embolsado predosificado para una resistencia $f'c=210$ kg/cm² con cemento Tipo I de la marca Pacasmayo.

3.8.3. Etapa 03: Elección de las cantidades de agua

Se eligieron las cantidades de agua que se añadirán a cada bolsa de cemento. Debido a que en la ficha técnica y parte posterior de la bolsa de concreto seco predosificado menciona un intervalo desde 4.25 litros hasta 4.75 litros, teniendo como recomendación el uso de 4.50 litros. Se consideró usar un rango de 0.80 litros. En conclusión, las cantidades

son las siguientes: 4.26 litros/bolsa, 4.34 litros/bolsa, 4.42 litros/bolsa, 4.50 litros/bolsa, 4.58 litros/bolsa, 4.66 litros/bolsa y 4.74 litros/bolsa.

3.8.4. Etapa 04: Propiedades de los Agregados y del Cemento Tipo I

Se realizaron los ensayos necesarios para el diseño de mezcla y comprobar que los agregados cumplen con los requerimientos de la NTP 400.037. Las propiedades del cemento Pacasmayo tipo I, fueron consideradas de su Ficha Técnica.

3.8.5. Etapa 05: Diseño de Mezclas del Concreto

El diseño de mezcla se elaboró utilizando el método de la combinación de agregados, para una resistencia de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se verificó la consistencia midiendo el asentamiento del concreto fresco en cada tanda, obteniendo un total de 30 especímenes de concreto patrón elaborados de manera tradicional.

3.8.6. Etapa 06: Curado y Ensayo de Resistencia a la Compresión Uniaxial de Especímenes de Concreto.

El curado se realizó de acuerdo a norma, utilizando el método de sumersión. Se tomaron probetas de concreto de cada grupo; registrando su diámetro, altura y peso, después fueron ensayados para encontrar la resistencia a la compresión a la edad de 7, 14 y 28 días.

3.9. TÉCNICA E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica usada para la recolección de datos en campo fue la experimental, porque implica que se manipularon variables independientes y la observación de sus consecuencias en las variables dependientes, además, se hizo uso de notas de campo en libretas, grabadoras de audio y vídeo, y, formatos para registrar datos de ensayos.

A continuación, se describen los datos recolectados en campo con la ayuda de los apuntes realizado:

3.9.1. Datos obtenidos en laboratorio

Se distribuyeron en dos partes: para el agregado fino y el agregado grueso. En el apéndice A se encuentran todos los ensayos completos, la siguiente tabla se muestran los resultados resumen de los ensayos realizados en laboratorio:

Tabla 12. Propiedades de los agregados ensayados en laboratorio

DESCRIPCIÓN	AGREGADO	
	GRUESO	FINO
Perfil del agregado	Redondeado	-
Peso Volumétrico seco y compactado (kg/m ³)	1569.95	1741.24
Peso Volumétrico seco y suelto (kg/m ³)	1363.13	1484.61
Porcentaje de Absorción (%)	1.18	1.24
Contenido de Humedad (%)	1.65	5.67
Peso Específico de masa (kg/m ³)	2500.03	2673.56
Tamaño Máximo Nominal (pulg.)	3/8	-
Módulo de Finura	-	2.771

3.9.2. Diseño de Mezcla

Para el diseño de mezcla del concreto patrón, se utilizaron los datos de la Tabla 12. Se usó el método del Comité ACI-211 para el diseño de mezcla. A continuación, se muestra una tabla resumen para las dosificaciones de los materiales para la elaboración del concreto; el diseño completo se encuentra en el apartado del Apéndice B.

Proporcionamiento del diseño. A continuación, se muestran las cantidades en peso de los materiales para la mezcla por cada metro cúbico.

Tabla 13. Cantidades en peso de materiales por cada m³

MÉTODO	RESISTENCIA (kg/cm ²)	MATERIALES (kg/m ³)			
		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
ACI - 211	210.00	336.26	957.73	747.44	184.03

Cantidades de materiales en peso para llenado. Se realizó el cálculo de la cantidad de materiales en peso para una tanda de 5 probetas de concreto cilíndrica:

Tabla 14. Cantidades en peso de materiales para 5 probetas cilíndricas

MÉTODO	RESISTENCIA (kg/cm ²)	MATERIALES (kg/5probetas)			
		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
ACI - 211	210.00	9.80	27.93	21.79	5.37

3.9.3. Resistencia a compresión

La resistencia a compresión será presentada en tablas resumen por cada grupo.

3.9.3.1. Grupo 1. Conformado por 30 probetas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, las mismas que han sido construidas con el modelo patrón o tradicional.

Tabla 15. Resistencia a compresión del concreto patrón desde la Muestra 1 (M1) hasta la Muestra 5 (M5) a 7, 14 y 28 días en kg/cm²

Días	M1	M2	M3	M4	M5
A 7 días	206.75	203.10	205.33	204.46	208.63
A 14 días	247.75	249.51	251.82	247.14	240.01
A 28 días	240.30	237.52	240.96	237.61	245.08

Tabla 16. Resistencia a compresión del concreto patrón desde la Muestra 6 (M6) hasta la Muestra 10 (M10) a 7, 14 y 28 días en kg/cm²

Días	M6	M7	M8	M9	M10	PROMEDIO
A 7 días	208.66	196.23	204.18	213.97	211.90	206.32
A 14 días	245.88	244.66	248.42	250.88	239.53	246.56
A 28 días	248.20	255.74	256.43	261.54	248.56	247.19

3.9.3.2. Grupo 2. Integrado por 15 probetas de concreto, las que han sido elaboradas por concreto seco predosificado para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.26 litros de agua por bolsa.

Tabla 17. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.26l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm²

Días	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO
A 7 días	197.48	189.17	195.35	197.27	201.37	196.13
A 14 días	270.51	279.23	277.18	264.56	265.88	271.47
A 28 días	280.12	291.78	291.19	289.52	296.85	289.89

3.9.3.3. Grupo 3. Compuesto por 15 probetas de concreto, las que han sido elaboradas por concreto seco predosificado para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.34 litros de agua por bolsa.

Tabla 18. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.34l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm^2

Días	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO
A 7 días	221.76	222.78	231.18	242.07	236.66	230.89
A 14 días	276.05	262.47	287.66	282.86	269.06	275.62
A 28 días	298.26	291.44	301.48	306.71	298.12	299.20

3.9.3.4. Grupo 4. Establecido por 15 probetas de concreto, las que han sido elaboradas por concreto seco predosificado para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.42 litros de agua por bolsa.

Tabla 19. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.42l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm^2

Días	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO
A 7 días	209.35	209.09	213.90	203.89	204.39	208.12
A 14 días	275.75	270.45	263.04	270.19	273.92	270.67
A 28 días	275.80	264.70	269.38	270.76	282.81	272.69

3.9.3.5. Grupo 5. Determinado por 15 probetas de concreto, las que han sido elaboradas por concreto seco predosificado para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.50 litros de agua por bolsa.

Tabla 20. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.50l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm^2

Días	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO
A 7 días	217.69	220.06	222.90	218.31	224.75	220.74
A 14 días	294.61	263.03	274.41	273.74	270.45	275.25
A 28 días	264.41	265.58	259.17	264.02	259.46	262.53

3.9.3.6. Grupo 6. Formado por 15 probetas de concreto, las que han sido elaboradas por concreto seco predosificado para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.58 litros de agua por bolsa.

Tabla 21. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.58l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm^2

Días	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO
A 7 días	208.15	219.00	202.69	217.88	213.97	212.34
A 14 días	202.88	217.55	202.28	203.05	207.95	206.74
A 28 días	285.58	283.12	277.53	274.99	283.31	280.91

3.9.3.7. Grupo 7. Instaurado por 15 probetas de concreto, las que han sido elaboradas por concreto seco predosificado para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.66 litros de agua por bolsa.

Tabla 22. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.66l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm^2

Días	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO
A 7 días	199.44	201.56	198.78	196.45	193.90	198.03
A 14 días	249.34	257.51	252.98	255.30	250.50	253.13
A 28 días	283.56	284.80	274.61	276.22	281.93	280.22

3.9.3.8. Grupo 8. Planteado por 15 probetas de concreto, las que han sido elaboradas por concreto seco predosificado para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.74 litros de agua por bolsa.

Tabla 23. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.74l de agua a 7, 14 y 28 días en kg/cm^2

Días	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO
A 7 días	193.64	199.06	197.18	197.30	192.89	196.01
A 14 días	236.38	235.51	242.76	238.35	243.44	239.29
A 28 días	258.69	239.91	250.61	252.79	242.43	248.89

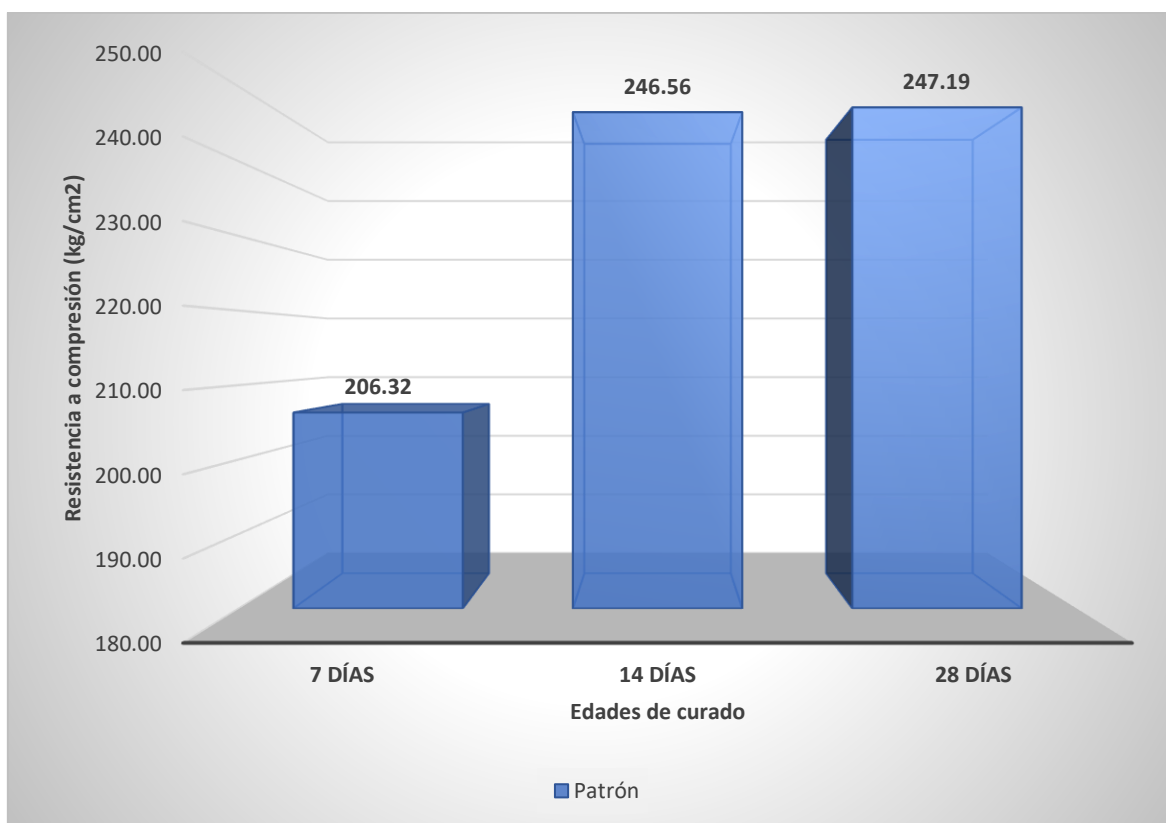
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

4.1.1. Resistencia a Compresión del Grupo 1

De la Tabla 15 y Tabla 16, se presenta la siguiente gráfica con el promedio de la resistencia a compresión del Grupo 1 para 7, 14 y 28 días de curado, estos son los resultados de las probetas de concreto patrón elaborados de manera tradicional con agregados del río Chonta de la cantera Aguilar.

Figura 9. Resistencia a compresión del concreto patrón a 7, 14 y 28 días



Para la edad de 7 días las probetas de concreto patrón presentan una resistencia promedio de 206.32 kg/cm², mientras que para la edad de 14 días las probetas de concreto patrón presentan una resistencia promedio de 246.25 kg/cm² y para la edad de 28 días las probetas de concreto patrón presentan una resistencia promedio de 247.19 kg/cm².

4.1.2. Comparación de la Resistencia a Compresión del Grupo 1 vs Grupo 2

De la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17, se presenta la siguiente gráfica y tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación entre el Grupo 1 y el Grupo 2 para 7, 14 y 28 días.

Figura 10. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.26l de agua a 7, 14 y 28 días

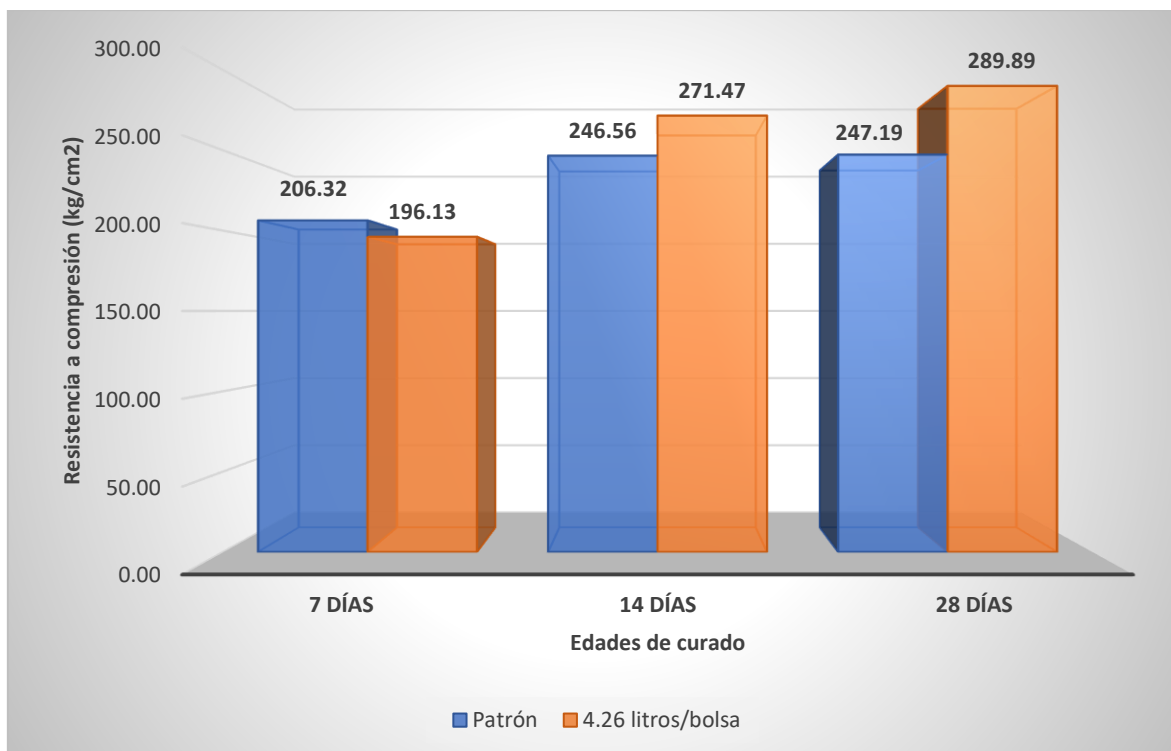


Tabla 24. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.26l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación

Edades	Patrón	4.26 litros/bolsa	Variación (%)
7 días	206.32	196.13	-4.94%
14 días	246.56	271.47	10.10%
28 días	247.19	289.89	17.27%
Promedio de Variación (%)			7.48%

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia del -4.94%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 10.10% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 17.27%. Teniendo así una variación promedio del 7.48%.

4.1.3. Comparación de la Resistencia a Compresión del Grupo 1 vs Grupo 3

De la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 18, se presenta la siguiente gráfica y tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación entre el Grupo 1 y el Grupo 3 para 7, 14 y 28 días.

Figura 11. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.34l de agua a 7, 14 y 28 días

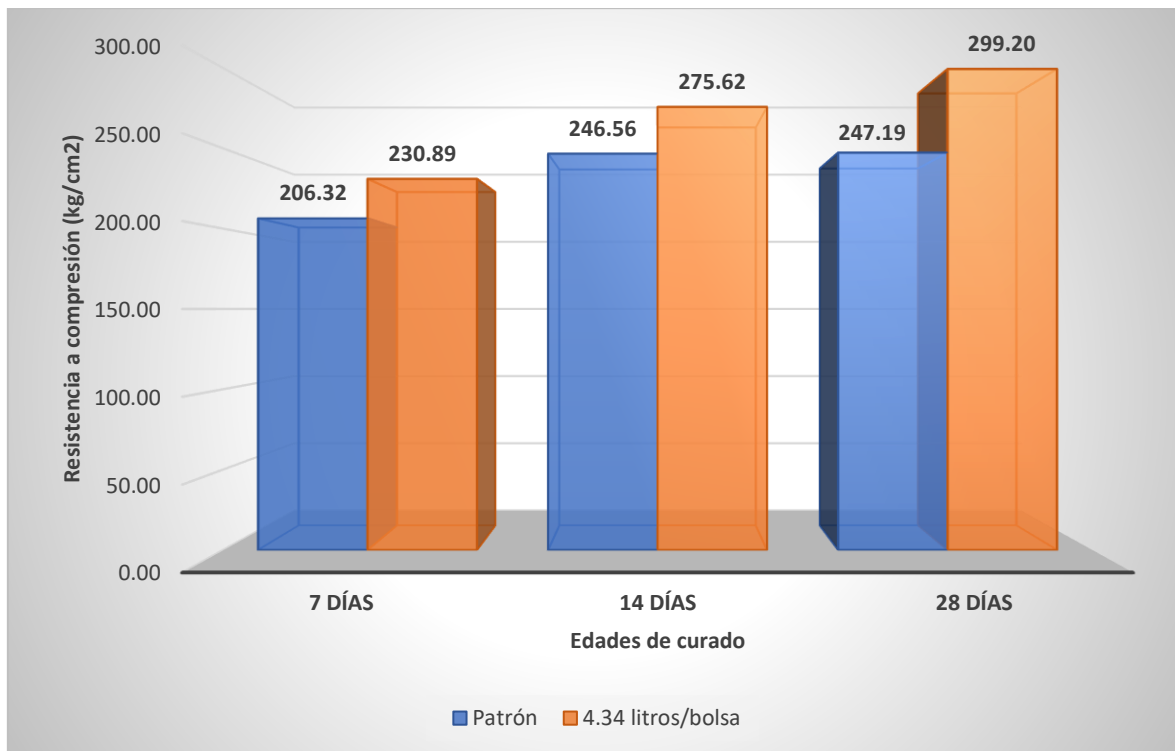


Tabla 25. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.34l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación

Edades	Patrón	4.34 litros/bolsa	Variación (%)
7 días	206.32	230.89	11.91%
14 días	246.56	275.62	11.79%
28 días	247.19	299.20	21.04%
Promedio de Variación (%)			14.91%

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia del 11.91%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 11.79% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 21.04%. Teniendo así una variación promedio del 14.91%.

4.1.4. Comparación de la Resistencia a Compresión del Grupo 1 vs Grupo 4

De la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 19, se presenta la siguiente gráfica y tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación entre el Grupo 1 y el Grupo 4 para 7, 14 y 28 días.

Figura 12. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.42l de agua a 7, 14 y 28 días

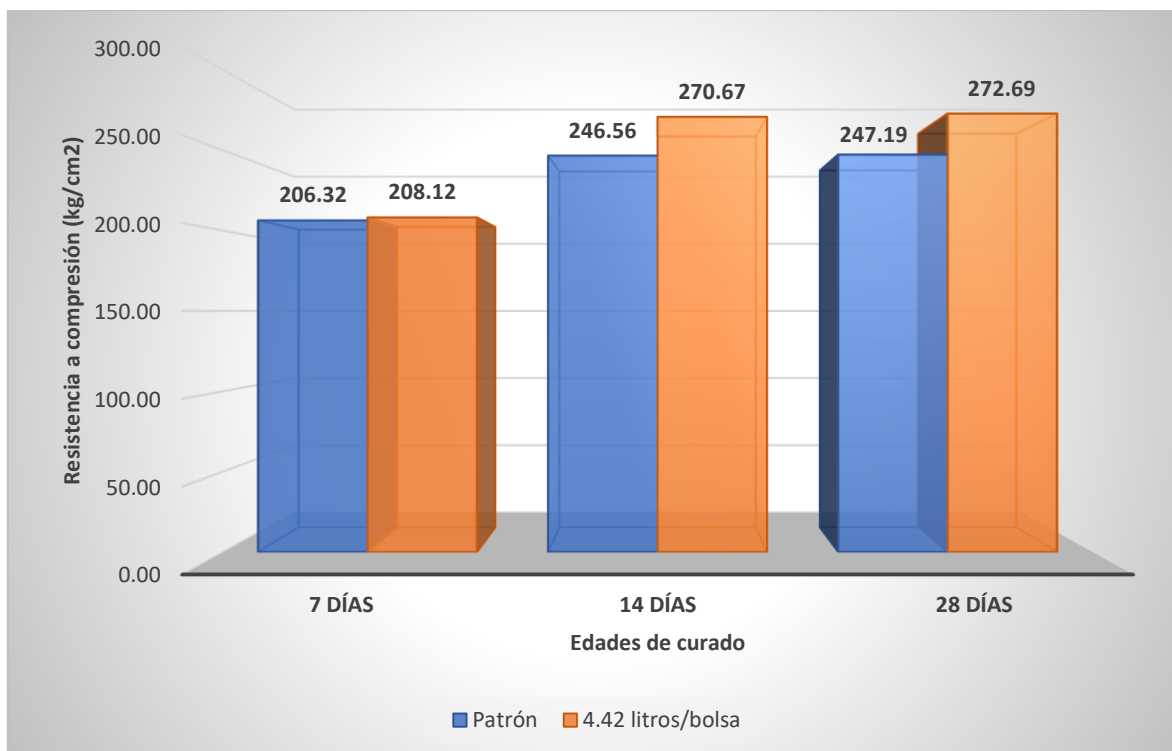


Tabla 26. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.42l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación

Edades	Patrón	4.42 litros/bolsa	Variación (%)
7 días	206.32	208.12	0.87%
14 días	246.56	270.67	9.78%
28 días	247.19	272.69	10.31%
Promedio de Variación (%)			6.99%

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia del 0.87%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 9.78% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 10.31%. Teniendo así una variación promedio del 6.99%.

4.1.5. Comparación de la Resistencia a Compresión del Grupo 1 vs Grupo 5

De la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 20, se presenta la siguiente gráfica y tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación entre el Grupo 1 y el Grupo 5 para 7, 14 y 28 días.

Figura 13. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.50l de agua a 7, 14 y 28 días

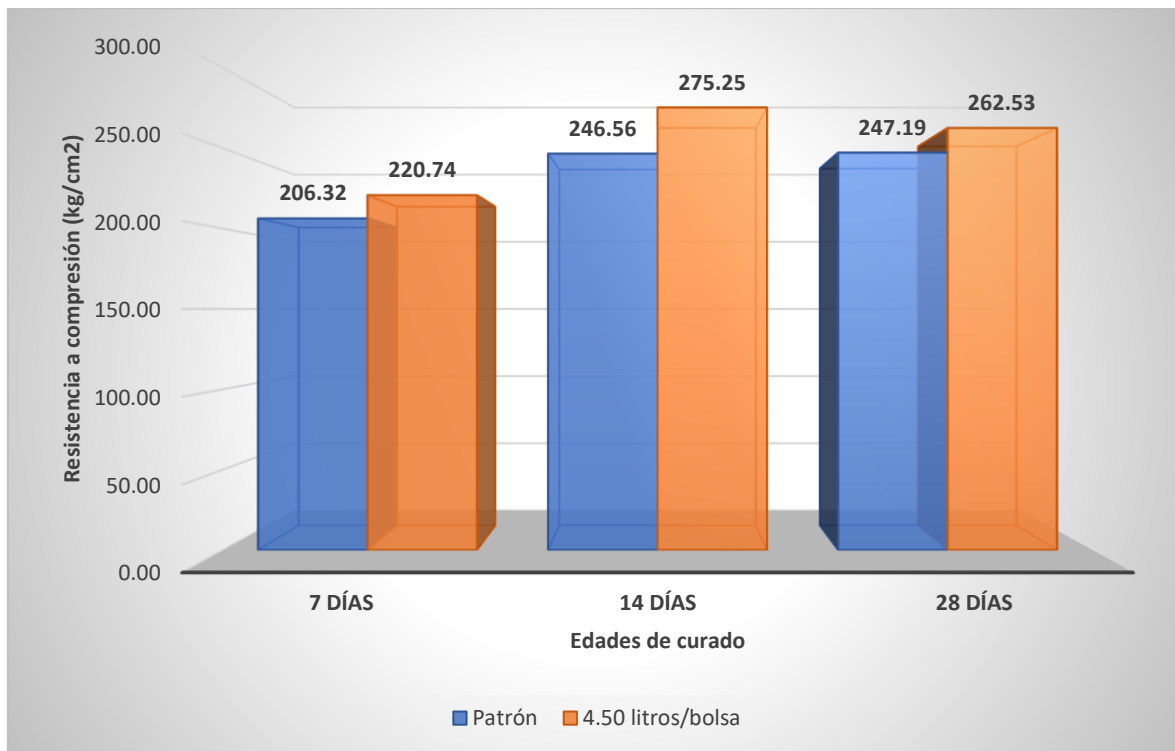


Tabla 27. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.50l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación

Edades	Patrón	4.50 litros/bolsa	Variación (%)
7 días	206.32	220.74	6.99%
14 días	246.56	275.25	11.64%
28 días	247.19	262.53	6.20%
Promedio de Variación (%)			8.28%

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia del 6.99%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 11.64% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 6.20%. Teniendo así una variación promedio del 8.28%.

4.1.6. Comparación de la Resistencia a Compresión del Grupo 1 vs Grupo 6

De la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 21, se presenta la siguiente gráfica y tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación entre el Grupo 1 y el Grupo 6 para 7, 14 y 28 días.

Figura 14. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.58l de agua a 7, 14 y 28 días

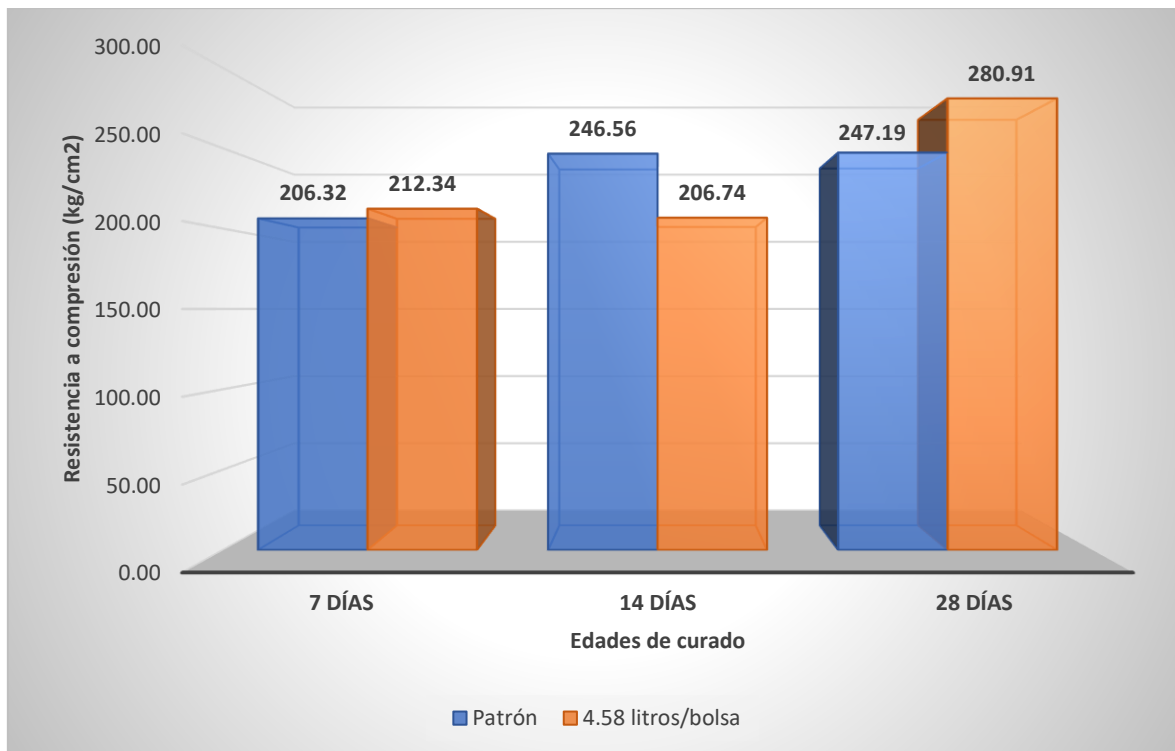


Tabla 28. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.58l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación

Edades	Patrón	4.58 litros/bolsa	Variación (%)
7 días	206.32	212.34	2.92%
14 días	246.56	206.74	-16.15%
28 días	247.19	280.91	13.64%
Promedio de Variación (%)			0.14%

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia del 2.92%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del -16.15% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 13.64%. Teniendo así una variación promedio del 0.14%.

4.1.7. Comparación de la Resistencia a Compresión del Grupo 1 vs Grupo 7

De la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 22, se presenta la siguiente gráfica y tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación entre el Grupo 1 y el Grupo 7 para 7, 14 y 28 días.

Figura 15. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.66l de agua a 7, 14 y 28 días

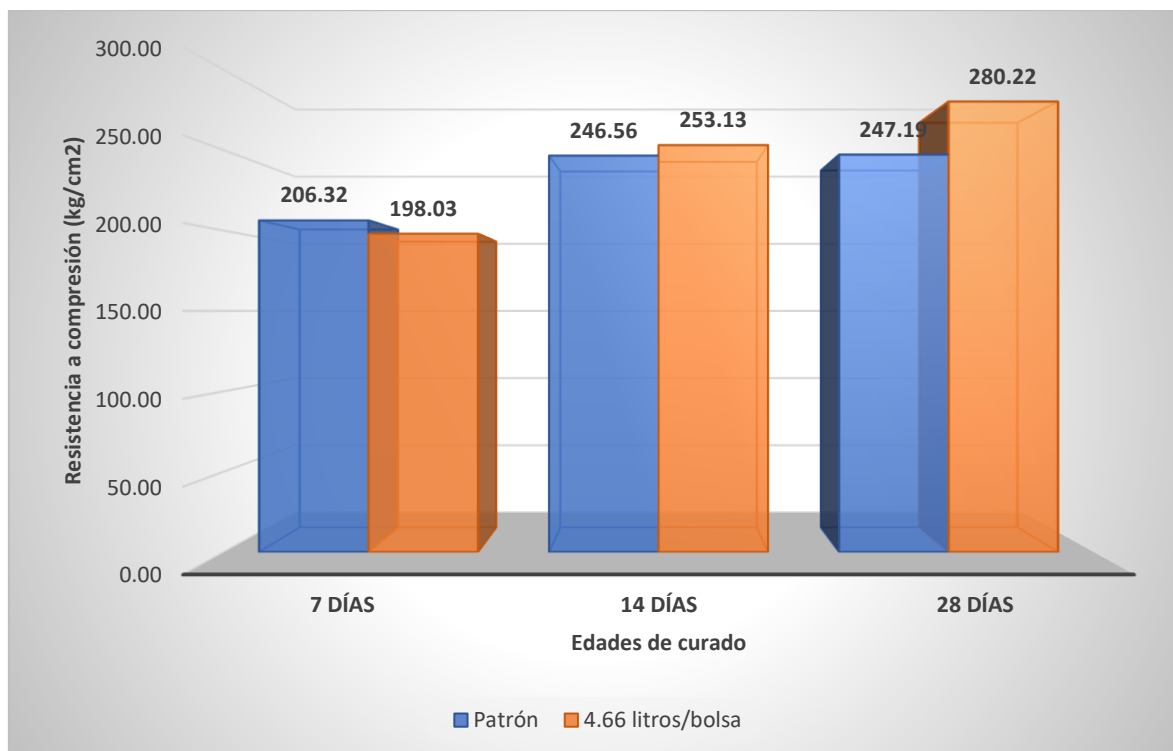


Tabla 29. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.66l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación

Edades	Patrón	4.66 litros/bolsa	Variación (%)
7 días	206.32	198.03	-4.02%
14 días	246.56	253.13	2.66%
28 días	247.19	280.22	13.36%
Promedio de Variación (%)			4.00%

Para la edad de 7 presenta una variación en la resistencia del -4.02%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 2.66% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 13.36%. Teniendo así una variación promedio del 4.00%.

4.1.8. Comparación de la Resistencia a Compresión del Grupo 1 vs Grupo 8

De la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 23, se presenta la siguiente gráfica y tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación entre el Grupo 1 y el Grupo 8 para 7, 14 y 28 días.

Figura 16. Comparación de la resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.74l de agua a 7, 14 y 28 días

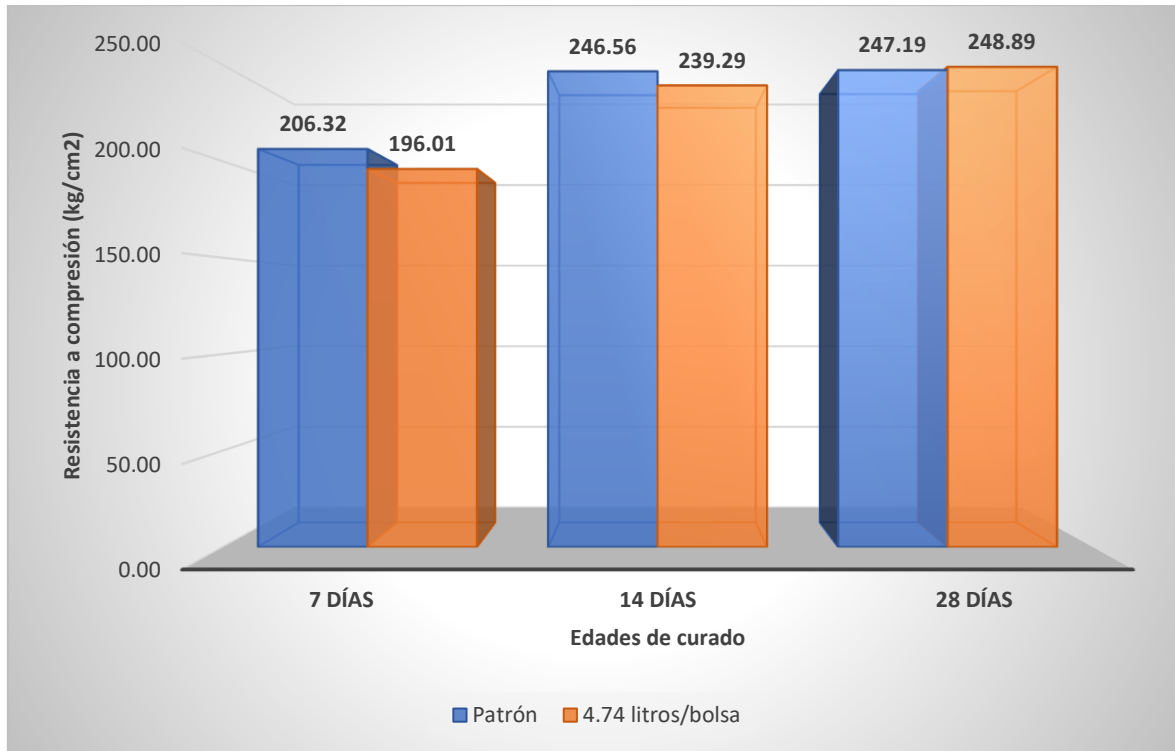


Tabla 30. Resistencia a compresión promedio del concreto patrón y el concreto seco predosificado con 4.74l de agua a 7, 14 y 28 días con su porcentaje de variación

Edades	Patrón	4.74 litros/bolsa	Variación (%)
7 días	206.32	196.01	-5.00%
14 días	246.56	239.29	-2.95%
28 días	247.19	248.89	0.69%
Promedio de Variación (%)			-2.42%

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia del -5.00%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del -2.95% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 0.69%. Teniendo así una variación promedio del -2.42%.

4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA VARIACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

4.2.1. Variación de la resistencia a compresión del concreto a diferentes edades

La siguiente gráfica representa la variación de la resistencia a compresión promedio del concreto seco predosificado al añadir diferentes cantidades de agua en comparación con el concreto patrón para las diferentes edades.

Figura 17. Variación de la resistencia a compresión promedio del concreto seco predosificado con diferentes cantidades de agua en comparación con el concreto patrón a través de las diferentes edades

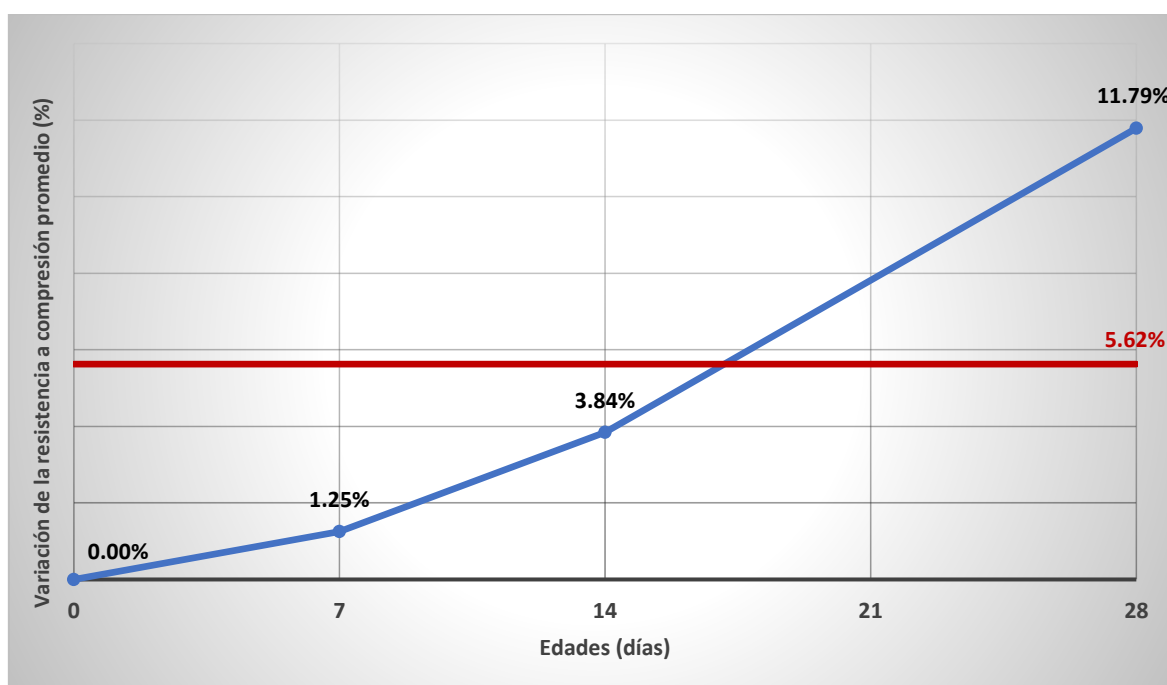


Tabla 31. Variación de la resistencia a compresión promedio del concreto seco predosificado con diferentes cantidades de agua en comparación con el concreto patrón a diferentes edades

Edades	7 días	14 días	28 días	Promedio
Variación	1.25%	3.84%	11.79%	5.62%

Para la edad de 7 días presenta una variación promedio en la resistencia del 1.25%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación promedio en la resistencia del 3.84%, y para la edad de 28 días presenta una variación promedio en la resistencia del 11.79%. Teniendo así una variación promedio del 5.62%.

4.3. CORROBORACIÓN DE HIPÓTESIS

4.3.1. *De la Hipótesis General*

- Como hipótesis general se tiene que el concreto seco predosificado a $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I elaborado con diferentes cantidades de agua a edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento de 10% en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado de manera tradicional, por lo cual la hipótesis es **refutada**, ya que, incrementa en un 5.62%.

4.3.2. *De las Hipótesis Específicas*

- Como primera hipótesis específica se tiene que la resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.26 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 16 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, por lo cual la hipótesis es **refutada**, ya que, incrementa en un 7.48%.
- Como segunda hipótesis específica se tiene que la resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.34 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 14 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, por lo cual la hipótesis es **refutada**, ya que, incrementa en un 14.91%.
- Como tercera hipótesis específica se tiene que la resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.42 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 12 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón

elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, por lo cual la hipótesis es **refutada**, ya que, incrementa en un 6.99%.

- Como cuarta hipótesis específica se tiene que la resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.50 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 10 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, por lo cual la hipótesis es **refutada**, ya que, incrementa en un 8.28%.
- Como quinta hipótesis específica se tiene que la resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.58 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 8 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, por lo cual la hipótesis es **refutada**, ya que, incrementa en un 0.14%.
- Como sexta hipótesis específica se tiene que la resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.66 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 6 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón elaborado con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, por lo cual la hipótesis es **refutada**, ya que, genera un incremento del 4%.
- Como séptima hipótesis específica se tiene que la resistencia a compresión del concreto seco predosificado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.74 litros de agua para las edades de 7, 14 y 28 días genera un incremento del 4 % en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón, por lo cual la hipótesis es **refutada**, ya que, decrece en un -2.42%.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La variación de la resistencia a compresión del concreto seco predosificado a $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I usando diferentes cantidades de agua es del 11.79% en comparación con el concreto tradicional, para los 28 días de curado.
- La variación de la resistencia a compresión del concreto seco predosificado a $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I comienza a crecer al añadirle 4.26 litros y 4.34 litros de agua por bolsa, pues genera un incremento del 17.27% y 21.04% respectivamente, a los 28 días de curado.
- La variación de la resistencia a compresión del concreto seco predosificado a $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I comienza a ser menor a medida que aumenta la cantidad de agua en el mezclado, pues al añadir 4.42 litros de agua aumenta en un 10.31%, al añadir 4.50 litros de agua aumenta en un 6.20%, al añadir 4.58 litros de agua aumenta en un 13.64%, al añadir 4.66 litros de agua aumenta en un 13.36% y al añadir 4.74 litros de agua aumenta en un 0.69%, en comparación con el concreto tradicional, a los 28 días de curado.
- La resistencia a compresión del concreto seco predosificado a $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I incrementa hasta añadir 4.34 litros de agua por cada bolsa, a partir del cual comienza a disminuir.

5.2. RECOMENDACIONES

Al final de la presente investigación se llega a las siguientes recomendaciones:

- Realizar investigaciones sobre la resistencia a la flexión, tracción y la durabilidad del concreto seco predosificado, debido a que no se cuentan con investigaciones en mencionados temas; por ejemplo, en la construcción de vigas es muy importante conocer si las resistencias a flexión y tracción son óptimas; otro ejemplo, en los estribos de los puentes debido a la constante erosión del agua puede ocasionar el deterioro del concreto a lo cual se debe conocer la durabilidad para poder usar el mencionado producto.
- Desarrollar el análisis de la resistencia a compresión del concreto seco predosificado añadiendo cantidades de agua que se encuentren fuera del intervalo que recomienda el fabricante, ya que, en las obras de construcción puede ser que los operarios y/o maestros de obra elaboren con cantidades de agua no recomendadas sin conocer cuál será el resultado de la resistencia del concreto.
- Elaborar un análisis de la resistencia a compresión del concreto seco predosificado con diferentes resistencias y distintos tipos que existen en el mercado, esto se debe a que el concreto seco predosificado – Rapimix Pacasmayo, se encuentran en muchas presentaciones en el mercado, ya sea por el tipo de cemento (Tipo I, MS y V) o por la resistencia requerida (175 kg/cm^2 , 210 kg/cm^2 , 280 kg/cm^2 y 350 kg/cm^2).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Mamani, C. L. (2018). *Correlación entre núcleos diamantinos de losas de concreto y testigos de 6"x12", 4"x8" para determinar factores de corrección en la resistencia del concreto* [Tesis para Optar el Título de Ingeniera Civil, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4983>
- Cementos Pacasmayo S.A.A. (2020). *Cemento Pacasmayo Portland Tipo I*. [Archivo PDF]. https://storage.googleapis.com/pacasmayo_web/assets/FICHA%20INFORMATIVA%20TIPO%20I%20TIRAYRETIRA%202.0.pdf
- Cementos Pacasmayo S.A.A. (2023). *Concreto Seco Embolsado Predosificado*. [Archivo PDF]. <https://storage.googleapis.com/pacasmayo-profesional/documents/FICHA%20TECNICA%20CONCRETO%20SECO%202023.pdf>
- Cementos Pacasmayo S.A.A (2021). *La importancia del buen mezclado de concreto en la construcción*. <https://www.cementospacasmayo.com.pe/blog/la-importancia-del-buen-mezclado-de-concreto-en-la-construccion>
- ComexPerú (2022). *El sector construcción registró un crecimiento interanual del 4.9% en abril de 2022*. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/el-sector-construccion-registro-un-crecimiento-interanual-del-49-en-abril-de-2022>
- Construction How. (2024). *Manejo del concreto*. <https://constructionhow.com/handling-of-concrete/>
- Construyendo Seguro (2024). *Mezcla de concreto: todo lo que debes saber*. <https://www.construyendoseguro.com/mezcla-de-concreto-todo-lo-que-debes-saber>

- Family Handyman. (2023). *Cómo mezclar adecuadamente el concreto*.
<https://www.familyhandyman.com/project/how-to-properly-mix-concrete/>
- Flores Molocho, N. J. (2020). *Análisis comparativo de costos y resistencia a la compresión del concreto tradicional y el concreto predosificado seco, Trujillo 2020*. [Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Privada del Norte].
<https://hdl.handle.net/11537/24150>
- Flórez Rodríguez, S. y Rueda Gonzáles, D. (2021). Análisis de las propiedades mecánicas del concreto seco de 4000 psi (280kg/cm²) reforzado con fibras de acero y PET, expuesto a temperaturas de 300 °C a 500 °C. [Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Católica de Colombia].
- Goicochea Infante, D. J. (2018). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto dosificado, mezclado y envasado en seco para un $F'c=280$ kg/cm², con el concreto normal elaborado en obra*. [Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2529>
- Guerrero Acosta, S. y Prado Villamizar, Y. (2017). *Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el Municipio de Ocaña, norte de Santander*. [Trabajo de Grado Para Optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña]. <https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/handle/123456789/849>
- Ingeniería y Más (2016). *Ensayo del Cono de Abrams – Consistencia del hormigón*.
<https://ingenieriaymas.com/2016/09/ensayo-del-cono-de-abrams-consistencia-del-hormigon.html>

Morillas Alcántara, M. y Plasencia Oribe, D. (2018). *Características mecánicas de un concreto premezclado en seco “concreto rápido” $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y su costo comparativo*. [Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4177>

Pacheco Flores, L. (2017). *Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido*. [Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad José Carlos Mariátegui]. <https://hdl.handle.net/20.500.12819/226>

Ríos Rabelo, J. (2022). *Materiales de Construcción: Agua en el concreto* [Diapositivas PowerPoint]. <https://es.slideshare.net/CarmenRosaGuerraAyte/agua-en-el-concreto-pptx>

NORMAS

ASTM C117. Método de ensayo normalizado para determinar la cantidad de material más fino que el tamiz de $75 \mu \text{ m}$ (Nº 200) de los áridos minerales por el método de lavado.

ASTM C566-97. Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Contenido de Humedad Total Evaporable de los Áridos por Secado.

ASTM C127. Método estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado grueso.

ASTM C128. Método de prueba estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del agregado fino.

ASTM C136. Método de ensayo normalizado para determinar el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos

ASTM C29. Método de Ensayo Normalizado para determinar la densidad aparente ("peso unitario") e Índice de Huecos en los Áridos

ASTM C33. Especificación estándar para agregados para concreto.

ASTM C39. Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto

ASTM C31. Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra.

ACI 318-19. (2019). Requisitos de reglamento para concreto estructural.

Norma europea EN 1504. (2011). Guía simplificada ilustrada para todos los profesionales del sector de la reparación del hormigón.

NTP 334.001 (2011). CEMENTOS. "Definiciones y nomenclatura".

NTP 334.082 (2008). CEMENTOS. "Cementos Portland. Especificaciones de la performance".

Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.060 (2009). Concreto armado.

APÉNDICE

APÉNDICE A. Propiedades de los Agregados

A continuación, se presentan los ensayos realizados en laboratorio para los agregados, tanto agregado fino como agregado grueso.

Agregado Fino

Ensayo de Contenido de Humedad

Tabla 32. Ensayo de contenido de humedad de agregado fino

Fecha	21/02/24		
Muestra	M1	M2	M3
Peso de tara (gr)	590	591	589
Muestra húmeda en tara (gr)	3794	4046	3838
Muestra seca en tara (gr)	3629	3845	3671
Muestra húmeda (gr)	3204	3455	3249
Muestra seca (gr)	3039	3254	3082
Peso del agua (gr)	165	201	167
Contenido de humedad (%)	5.43	6.18	5.42
Contenido de humedad promedio (%)	5.67		

Ensayo de Peso Específico

Tabla 33. Ensayo de peso específico de agregado fino

Fecha	9/02/2024		
Muestra	M1	M2	M3
Peso seco (gr)	89	83	87
Volumen inicial probeta (cm ³)	671	665	669
Volumen final probeta (cm ³)	726	718	723
Peso específico (gr/cm ³)	2.62	2.77	2.64
Peso específico promedio (gr/cm ³)	2.67		
Peso específico promedio (kg/m ³)	2673.56		

Ensayo de Análisis Granulométrico

Tabla 34. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino - Muestra 1

Fecha	9/02/2024					
Muestra	M1					
Tamaño de muestra (gr)	500					
Malla	Malla (mm)	PRP	%RP	%RA	%Pasa	
3/8"	9.50	0	0.00	0.00	100.00	
N° 4	4.75	13	2.60	2.60	97.40	
N° 8	2.38	59	11.80	14.40	85.60	
N° 16	1.18	98	19.60	34.00	66.00	
N° 30	0.60	101	20.20	54.20	45.80	
N° 50	0.30	115	23.00	77.20	22.80	
N° 100	0.15	94	18.80	96.00	4.00	
TOTAL		480				
MÓDULO DE FINURA					2.784	

Figura 18. Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Huso “M” – Muestra 1

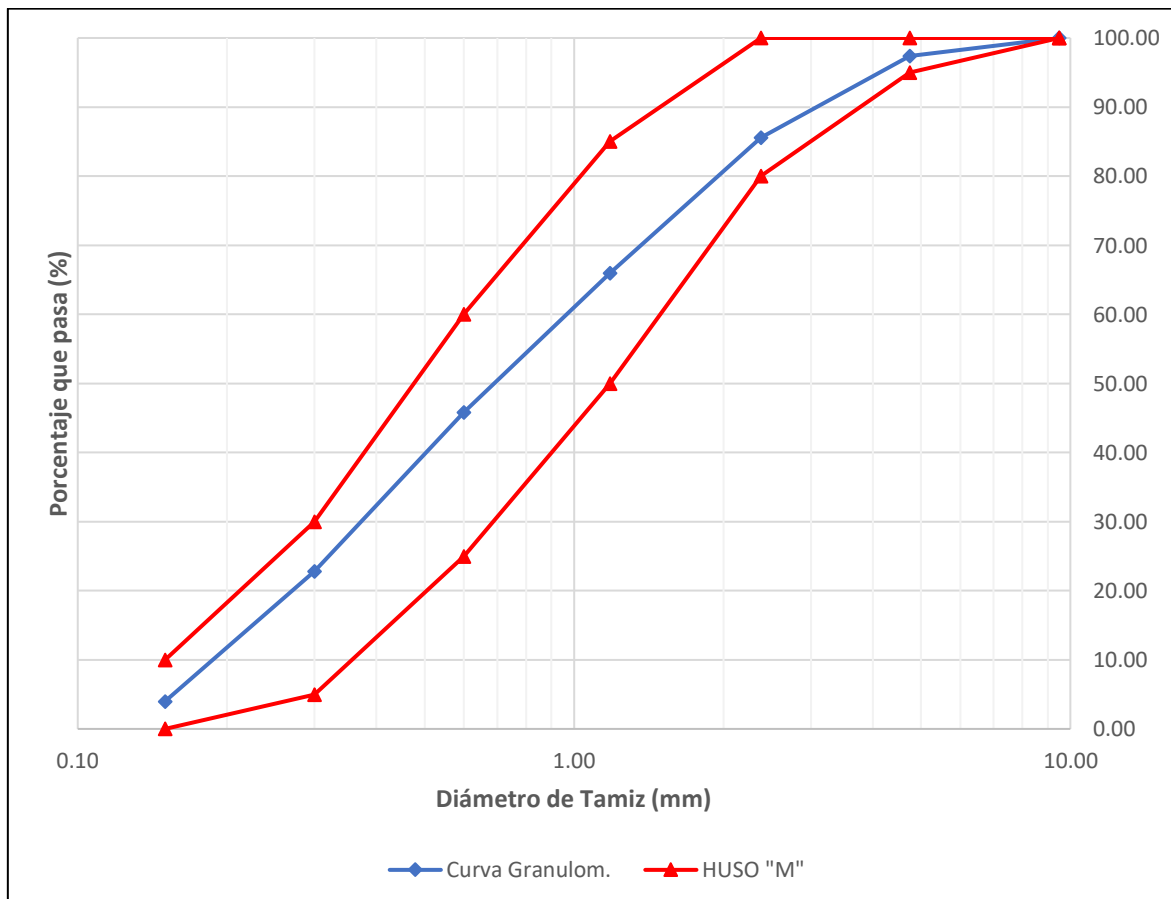


Tabla 35. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino - Muestra 2

Fecha	9/02/2024					
Muestra	M2					
Tamaño de muestra (gr)	500					
Malla	Malla (mm)	PRP	%RP	%RA	%Pasa	
3/8"	9.50	0	0.00	0.00	100.00	
N° 4	4.75	15	3.00	3.00	97.00	
N° 8	2.38	57	11.40	14.40	85.60	
N° 16	1.18	95	19.00	33.40	66.60	
N° 30	0.60	100	20.00	53.40	46.60	
N° 50	0.30	119	23.80	77.20	22.80	
N° 100	0.15	96	19.20	96.40	3.60	
TOTAL		482				
MÓDULO DE FINURA					2.778	

Figura 19. Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Huso “M” – Muestra 2

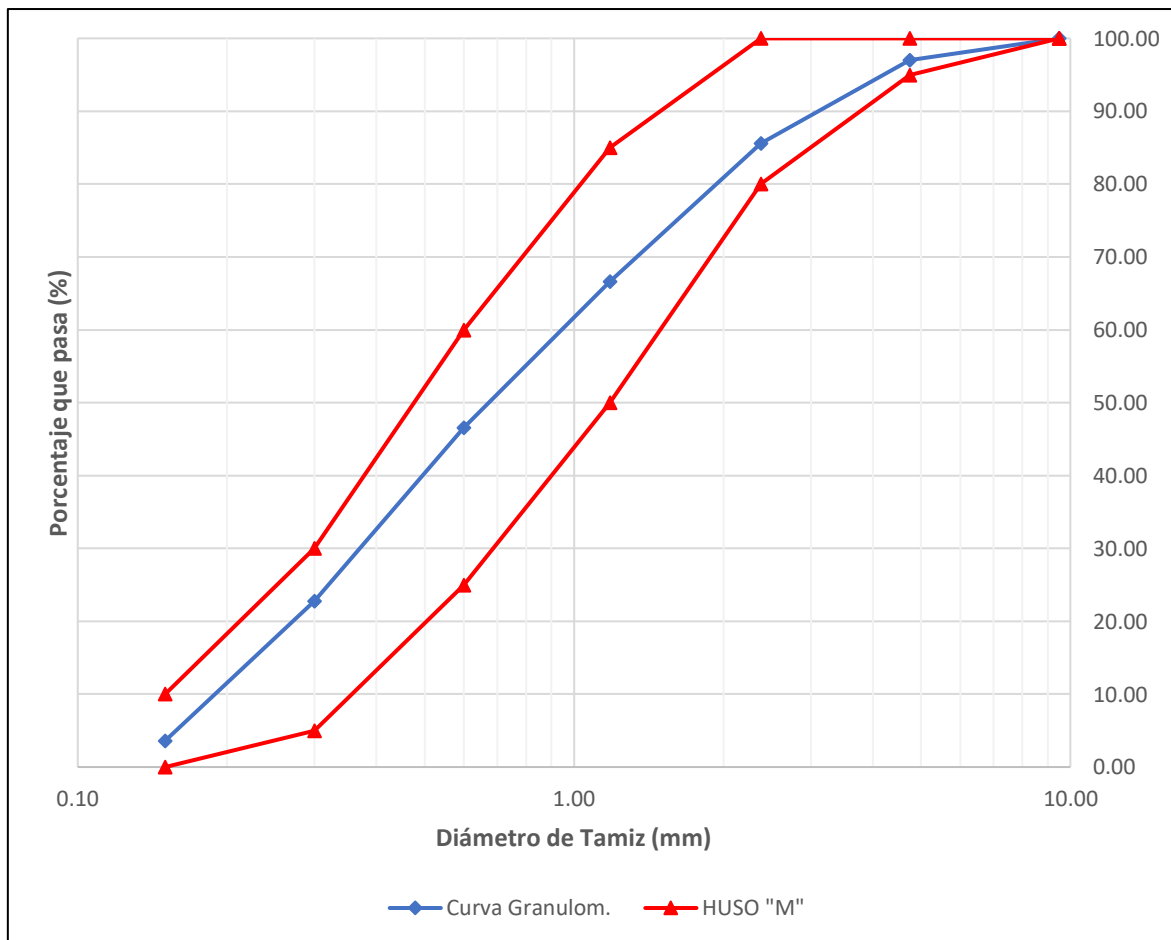


Tabla 36. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino - Muestra 3

Fecha	9/02/2024					
Muestra	M3					
Tamaño de muestra (gr)	500					
Malla	Malla (mm)	PRP	%RP	%RA	%Pasa	
3/8"	9.50	0	0.00	0.00	100.00	
N° 4	4.75	8	1.60	1.60	98.40	
N° 8	2.38	63	12.60	14.20	85.80	
N° 16	1.18	94	18.80	33.00	67.00	
N° 30	0.60	106	21.20	54.20	45.80	
N° 50	0.30	113	22.60	76.80	23.20	
N° 100	0.15	93	18.60	95.40	4.60	
TOTAL		477				
MÓDULO DE FINURA					2.752	

Figura 20. Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Huso “M” – Muestra 3

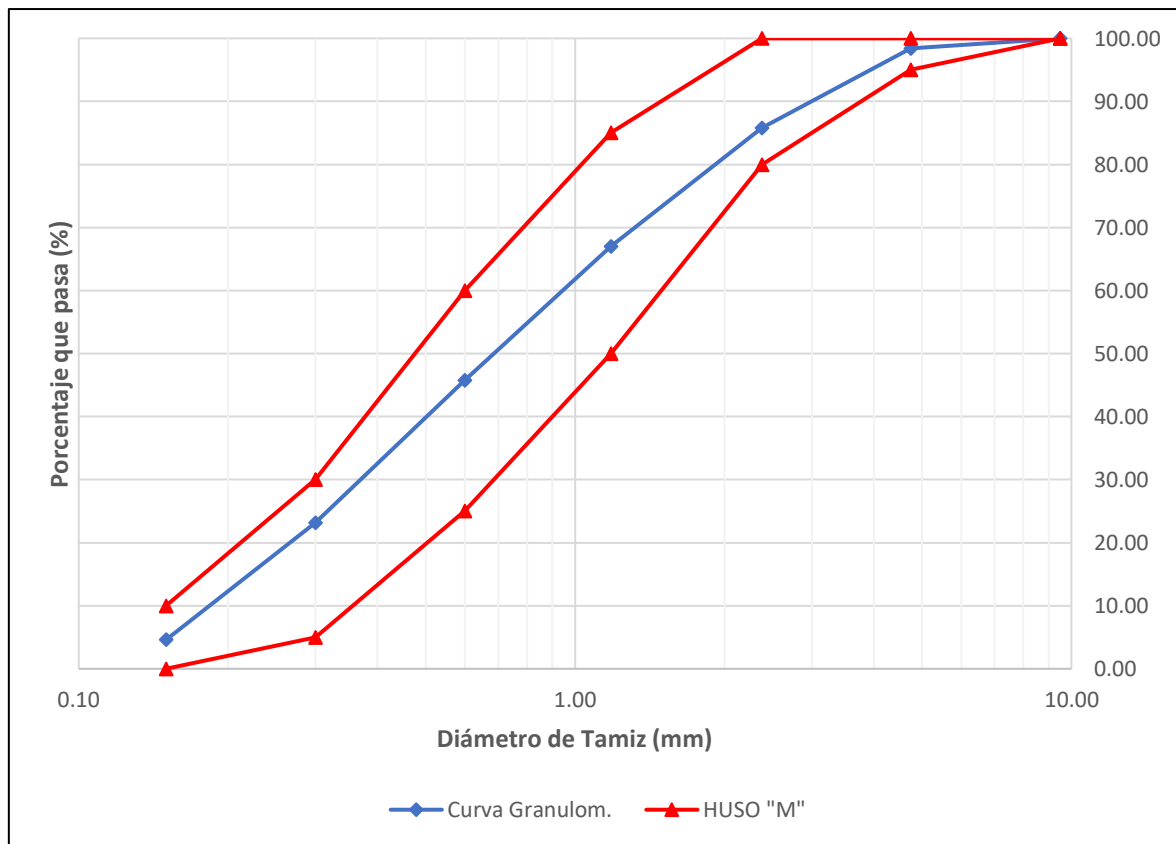


Tabla 37. Módulo de finura promedio del agregado fino

MÓDULO DE FINURA PROMEDIO	2.771
----------------------------------	--------------

Ensayo de Peso Volumétrico

➤ **Peso Volumétrico Suelto**

Tabla 38. Ensayo de peso volumétrico suelto del agregado fino

Fecha	12/02/2024		
Muestra	M1	M2	M3
Molde cilíndrico (kg)	3.876	3.876	3.876
Muestra inalterada + molde cilíndrico (kg)	8.426	8.351	8.457
Muestra inalterada (kg)	4.550	4.475	4.581
Volumen del cilindro (m³)	0.003055	0.003055	0.003055
Peso volumétrico (kg/m³)	1489.41	1464.86	1499.56
Peso volumétrico promedio (kg/m³)	1484.61		

➤ **Peso Volumétrico Compactado**

Tabla 39. Ensayo de peso volumétrico compactado del agregado fino

Fecha	12/02/2024		
Muestra	M1	M2	M3
Molde cilíndrico (kg)	3.876	3.876	3.876
Muestra inalterada + molde cilíndrico (kg)	9.156	9.185	9.245
Muestra inalterada (kg)	5.280	5.309	5.369
Volumen del cilindro (m³)	0.003055	0.003055	0.003055
Peso volumétrico (kg/m³)	1728.37	1737.86	1757.50
Peso volumétrico promedio (kg/m³)	1741.24		

Ensayo de Porcentaje de Absorción

Tabla 40. Ensayo de porcentaje de absorción del agregado fino

Fecha	13/02/2024		
Muestra	M1	M2	M3
Peso de la muestra SSS (gr)	500	500	500
Peso de la muestra secada al horno (gr)	494.1	493.9	493.7
Porcentaje de absorción (%)	1.190	1.240	1.280
Porcentaje de absorción promedio (%)	1.237		

Agregado Grueso

Ensayo de Contenido de Humedad

Tabla 41. Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso

Fecha	21/02/24		
Muestra	M1	M2	M3
Peso de tara (gr)	1274	1338	1328
Muestra húmeda en tara (gr)	4427	4597	4268
Muestra seca en tara (gr)	4373	4548	4219
Muestra húmeda (gr)	3153	3259	2940
Muestra seca (gr)	3099	3210	2891
Peso del agua (gr)	54	49	49
Contenido de humedad (%)	1.74	1.53	1.69
Contenido de humedad promedio (%)	1.65		

Ensayo de Peso Específico

Tabla 42. Ensayo de peso específico del agregado grueso

Fecha	9/02/2024		
Muestra	M1	M2	M3
Peso seco (gr)	321	316	345
Volumen inicial probeta (cm³)	500	500	500
Volumen final probeta (cm³)	628	625	640
Peso específico (gr/cm³)	2.51	2.53	2.46
Peso específico promedio (gr/cm³)	2.50		
Peso específico promedio (kg/m³)	2500.03		

Ensayo de Análisis Granulométrico

Tabla 43. Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso - Muestra 1

Fecha	9/02/2024					
HUSO	8					
Muestra	M1					
Tamaño de muestra (gr)	1000					
Malla	Malla (mm)	PRP	%RP	%RA	%Pasa	
1/2"	12.50	0	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	78	7.80	7.80	92.20	
N° 4	4.75	683	68.30	76.10	23.90	
N° 8	2.38	205	20.50	96.60	3.40	
N° 16	1.18	16	1.60	98.20	1.80	
TOTAL		982				

Figura 21. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 8 – Muestra 1

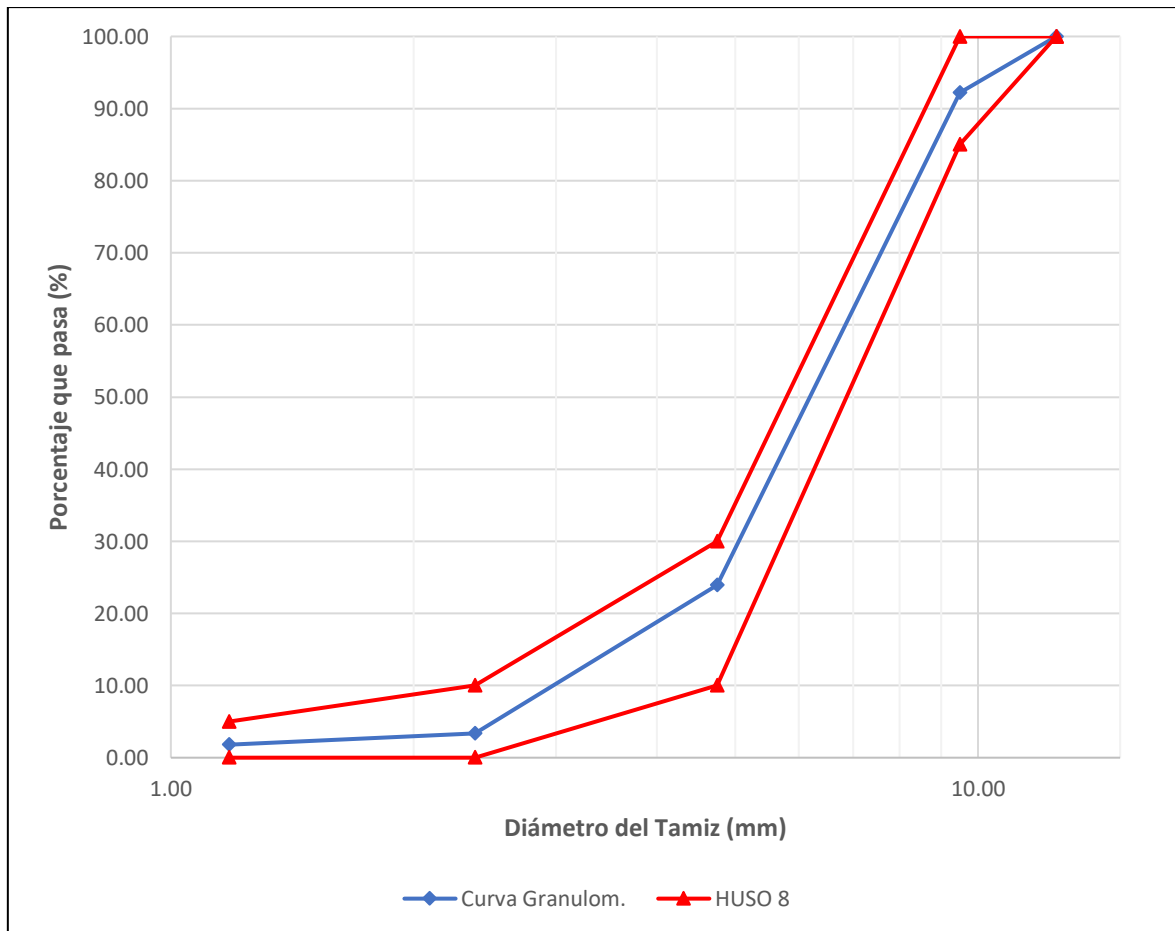


Tabla 44. Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso - Muestra 2

Fecha	9/02/2024					
HUSO	8					
Muestra	M2					
Tamaño de muestra (gr)	1000					
Malla	Malla en mm	PRP	%RP	%RA	%Pasa	
1/2"	12.50	0	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	64	6.40	6.40	93.60	
N° 4	4.75	679	67.90	74.30	25.70	
N° 8	2.38	217	21.70	96.00	4.00	
N° 16	1.18	26	2.60	98.60	1.40	
TOTAL		986				

Figura 22. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 8 – Muestra 2

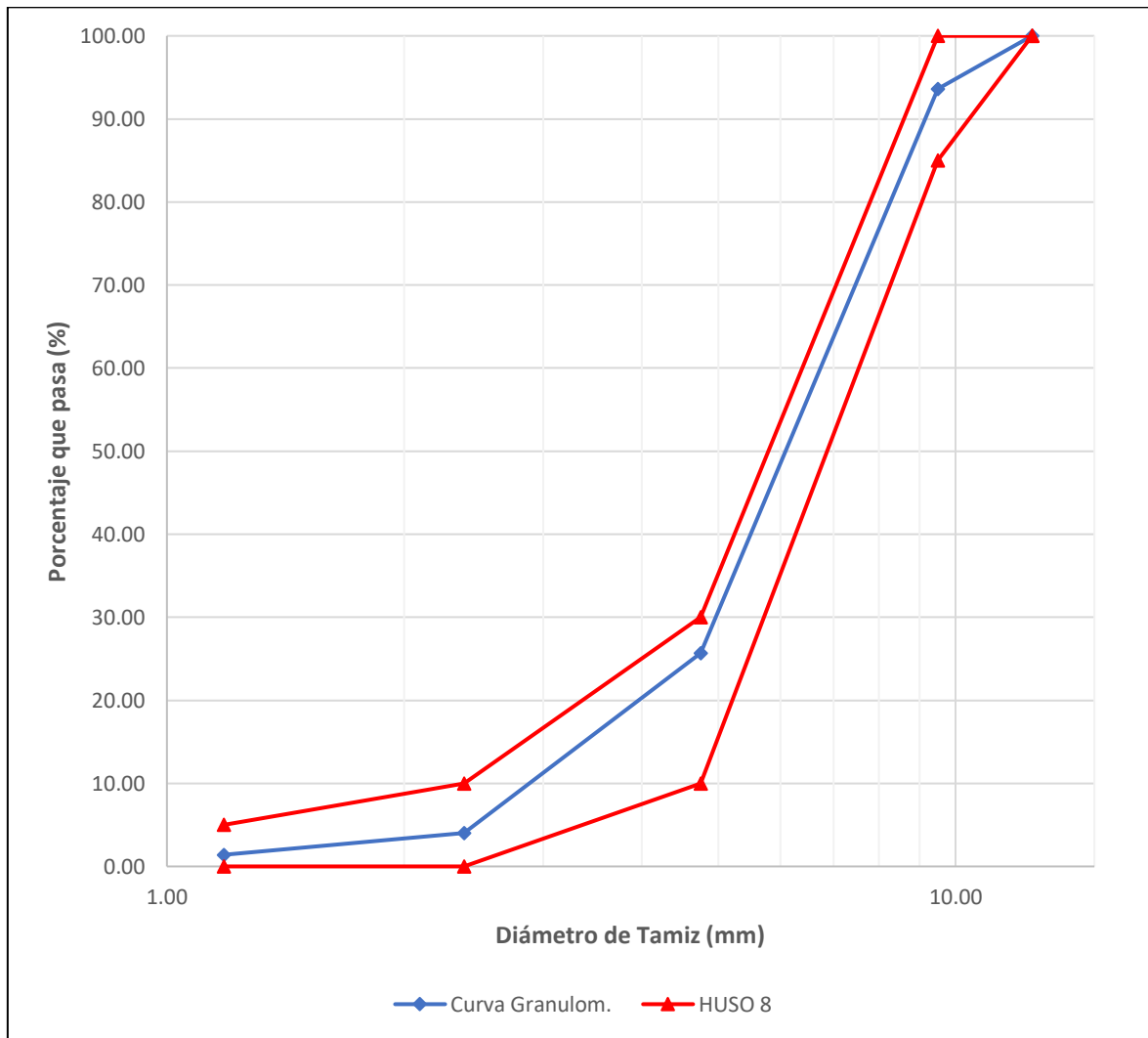
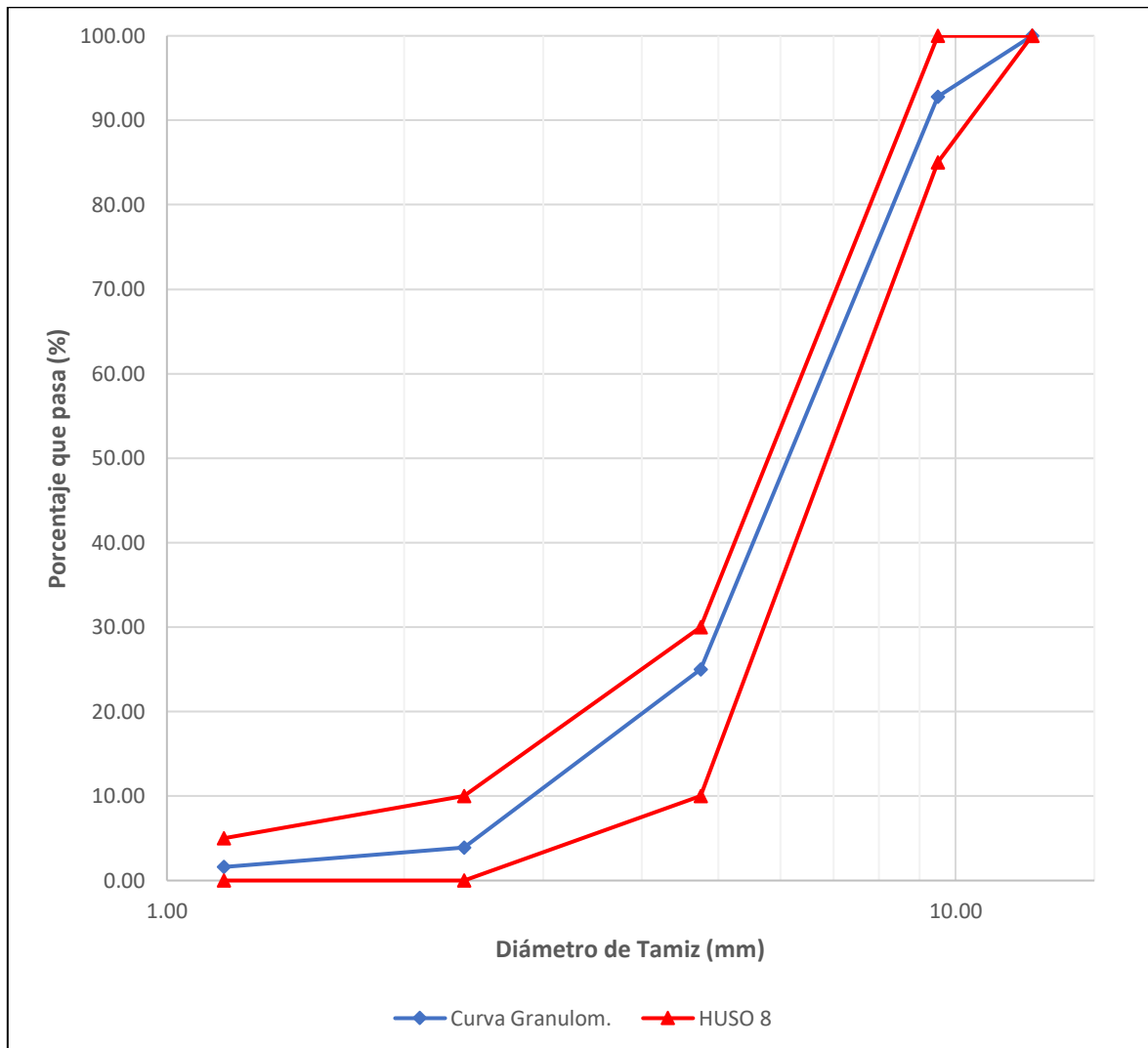


Tabla 45. Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso - Muestra 3

Fecha	9/02/2024					
HUSO	89					
Muestra	M3					
Tamaño de muestra (gr)	1000					
Malla	Malla en mm	PRP	%RP	%RA	%Pasa	
1/2"	12.50	0	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	72	7.20	7.20	92.80	
N° 4	4.75	678	67.80	75.00	25.00	
N° 8	2.38	211	21.10	96.10	3.90	
N° 16	1.18	23	2.30	98.40	1.60	
TOTAL	984					

Figura 23. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 8 – Muestra 3



Ensayo de Peso Volumétrico

➤ **Peso Volumétrico Suelto**

Tabla 46. Ensayo de peso volumétrico suelto del agregado grueso

Fecha	12/02/2024		
Muestra	M1	M2	M3
Molde cilíndrico (kg)	4.200	4.200	4.200
Muestra inalterada + molde cilíndrico (kg)	16.949	17.264	17.083
Muestra inalterada (kg)	12.749	13.064	12.883
Volumen del cilindro (m ³)	0.009463	0.009463	0.009463
Peso volumétrico (kg/m ³)	1347.32	1380.61	1361.48
Peso volumétrico promedio (kg/m ³)	1363.13		

➤ **Peso Volumétrico Compactado**

Tabla 47. Ensayo de peso volumétrico compactado del agregado grueso

Fecha	12/02/2024		
Muestra	M1	M2	M3
Molde cilíndrico (kg)	4.200	4.200	4.200
Muestra inalterada + molde cilíndrico (kg)	18.954	19.054	19.159
Muestra inalterada (kg)	14.754	14.854	14.959
Volumen del cilindro (m ³)	0.009463	0.009463	0.009463
Peso volumétrico (kg/m ³)	1559.20	1569.77	1580.87
Peso volumétrico promedio (kg/m ³)	1569.95		

Ensayo de Porcentaje de Absorción

Tabla 48. Ensayo de porcentaje de absorción del agregado grueso

Fecha	13/02/2024		
Muestra	M1	M2	M3
Peso de la muestra SSS (gr)	3000	3000	3000
Peso de la muestra secada al horno (gr)	2966	2964	2965
Porcentaje de absorción (%)	1.150	1.210	1.180
Porcentaje de absorción promedio (%)	1.180		

Además de los ensayos anteriormente mostrados, se realizaron 2 ensayos más de contenido de humedad tanto de agregado fino como de agregado grueso, con el fin de poder realizar las correcciones del diseño de mezcla por humedad de los agregados.

Agregado Fino

Tabla 49. Ensayo de contenido de humedad de agregado fino para corrección de diseño de mezcla

Fecha	22/02/24			25/02/24		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Muestra						
Peso de tara (gr)	590	591	589	590	591	589
Muestra húmeda en tara (gr)	3219	3892	3944	3298	4083	3920
Muestra seca en tara (gr)	3102	3794	3821	3201	3949	3813
Muestra húmeda (gr)	2629	3301	3355	2708	3492	3331
Muestra seca (gr)	2512	3203	3232	2611	3358	3224
Peso del agua (gr)	117	98	123	97	134	107
Contenido de humedad (%)	4.66	3.06	3.81	3.72	3.99	3.32
Contenido de humedad promedio (%)	3.84			3.67		

Agregado Grueso

Tabla 50. Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso para corrección de diseño de mezcla

Fecha	22/02/24			25/02/24		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Muestra						
Peso de tara (gr)	1274	1338	1328	1274	1338	1328
Muestra húmeda en tara (gr)	4348	4989	4381	4454	4770	4721
Muestra seca en tara (gr)	4317	4932	4340	4425	4706	4697
Muestra húmeda (gr)	3074	3651	3053	3180	3432	3393
Muestra seca (gr)	3043	3594	3012	3151	3368	3369
Peso del agua (gr)	31	57	41	29	64	24
Contenido de humedad (%)	1.02	1.59	1.36	0.92	1.90	0.71
Contenido de humedad promedio (%)	1.32			1.18		

APÉNDICE B. Diseño de Mezclas

Debido a que se realizaron probetas de concreto cilíndricas para 3 días de rotura distintos (7, 14 y 28 días), se realizaron reajuste de diseño de mezcla por humedad. Esto quiere decir que el agregado almacenado varió el contenido de humedad. A continuación, se presentan los dos (03) diseños de mezcla para las probetas de concreto patrón.

Diseño de Mezcla 01

Datos

Agregado Fino

➤	Contenido de Humedad	5.67 %
➤	Módulo de Finura	2.771
➤	Peso volumétrico compactado	1741.24 kg/m ³
➤	Peso volumétrico suelto	1484.61 kg/m ³
➤	Peso específico	2673.56 kg/m ³
➤	Porcentaje de absorción	1.237 %

Agregado Grueso

➤	Contenido de Humedad	1.65 %
➤	Tamaño máximo nominal	3/8"
➤	Peso volumétrico compactado	1569.95 kg/m ³
➤	Peso volumétrico suelto	1363.13 kg/m ³
➤	Peso específico	2500.03 kg/m ³
➤	Porcentaje de absorción	1.18 %

Cemento

➤	Tipo	Portland Tipo I – Pacasmayo
➤	Peso específico	3.14 gr/cm ³

Diseño

Resistencia a compresión ($f'c$). Se utiliza la siguiente resistencia a compresión de diseño:

$$f'c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$$

Asentamiento. Se utiliza la siguiente tabla para determinar el asentamiento requerido. Para este caso la consistencia es húmeda.

Tabla 51. Consistencia y asentamiento

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Húmeda	$\geq 5"$

Fuente: Norma ACI-211

Se tiene:

Consistencia : Húmeda Asentamiento : $\geq 5''$

Tamaño máximo nominal. De acuerdo a la granulometría se tiene:

T.M.N = 3/8''

Porcentaje de aire. Para medir el aire atrapado en la mezcla, se usa la siguiente tabla.

Tabla 52. Contenido de aire

Asentamiento	Tamaño Máximo Nominal							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
Contenido de aire atrapado (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

Fuente: Norma ACI-211

Se tiene:

Aire atrapado = 3.00%

Contenido de agua. Depende del asentamiento y del tamaño máximo nominal del agregado, según la tabla a continuación. Para este caso se tiene Slump = $\geq 5''$, sin aire incorporado y agregado de perfil redondeado:

Tabla 53. Requisitos aproximados de agua de mezclado

Tamaño Máximo del agregado	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Norma ACI-211

Se tiene:

$$\text{Agua} = 230 \text{ l/m}^3$$

Relación agua/cemento. Para encontrar la relación agua/cemento, se realizó en este caso por resistencia que según la tabla siguiente para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, la relación a/c es:

Tabla 54. Relación agua/cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días $f'c_r$ (kg/cm ²)	Relación agua/cemento	
	Cemento sin aire incorporado	Cemento con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Norma ACI-211

Al no tener la resistencia promedio dentro de la tabla, se interpola para obtener la relación a/c:

200 ----- 0.70
 210 ----- a/c
 250 ----- 0.62

Se tiene:

$$a/c = 0.684$$

Contenido de cemento. Se tiene la relación a/c = 0.684 y el contenido de agua = 230 l/m³, se calcula:

$$\frac{230}{C} = 0.684$$

$$C = 336.26 \text{ kg.}$$

Selección del peso del agregado grueso. De acuerdo al módulo de fineza obtenido en el ensayo de análisis granulométrico, se determina el volumen del agregado grueso seco y compactado con la ayuda de la siguiente tabla:

Tabla 55. Volumen del agregado grueso seco y compactado

Tamaño Máximo del agregado	Módulo de fineza			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Norma ACI-211

Se interpola para el módulo de fineza de ensayos:

$$2.600 \text{ ----- } 0.48$$

$$2.771 \text{ ----- } V_{ag}$$

$$2.800 \text{ ----- } 0.46$$

Se tiene:

$$V_{ag} = 0.4629$$

A continuación, se calcula el peso del agregado grueso:

$$b = 0.4629 * 1.0118 * b_o$$

Donde:

b_o : peso unitario seco y compactado del agregado grueso

Se reemplaza:

$$b = 0.4629 * 1.0118 * 1569.95 \text{ kg/m}^3$$

$$b = 735.31 \text{ kg/m}^3$$

Cantidad del agregado fino. Para el cálculo de la cantidad de agregado fino se usa el método de volúmenes absolutos:

Cemento:	336.26 kg / 3140 kg/m ³	= 0.107 m ³
Agua:	230 l / 1000 l/m ³	= 0.230 m ³
Aire:	3 / 100	= 0.030 m ³
<u>Agregado grueso:</u>	<u>735.31 kg / 2500.03 kg/m³</u>	<u>= 0.294 m³</u>
Volumen absoluto		= 0.661 m ³

Cálculo del volumen del agregado fino. Para el cálculo del volumen del agregado fino, se realiza la diferencia entre un (01) metro cúbico de concreto y el volumen absoluto.

➤ Agregado fino = 1 – 0.661 m³

$$\text{Agregado fino} = 0.339 \text{ m}^3$$

Cálculo del peso en estado seco del agregado fino. Para el cálculo del peso en estado fresco del agregado fino, se realiza el producto entre el volumen del agregado fino y el peso específico del agregado fino.

- $\text{Peso del agregado fino} = 0.339 \text{ m}^3 * 2673.56 \text{ kg/m}^3$
 $\text{Peso del agregado fino} = 906.34 \text{ kg}$

Presentación del diseño en estado seco. Son las cantidades en peso de los materiales que se necesitan para elaborar un (01) metro cúbico de concreto; estos materiales se encuentran en estado seco.

Cemento	: 336.26 kg
Agregado fino	: 906.34 kg
Agregado grueso	: 735.31 kg
Agua	: 230 l

Corrección por humedad de los agregados. Debido a que las humedades naturales de los agregados son diferentes a las de absorción es necesario hacer esta corrección. Por lo tanto, la dosificación corregida por humedad es la siguiente:

- $\text{Agregado fino} = 906.34 \text{ kg} * (5.67/100 + 1)$
 $\text{Agregado fino} = 957.73 \text{ kg}$
- $\text{Agregado grueso} = 735.31 \text{ kg} * (1.65/100 + 1)$
 $\text{Agregado grueso} = 747.44 \text{ kg}$

Humedad superficial. Para el cálculo de la humedad superficial, se realiza la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción de los agregados.

- $\text{Agregado fino} = 5.670 \% - 1.237 \%$
 $\text{Agregado fino} = 4.433 \%$

- Agregado grueso = 1.65 % – 1.18 %
Agregado grueso = 0.47 %

Aporte de agua a la mezcla. Para determinar del aporte de agua a la mezcla, se realiza el producto del porcentaje de humedad superficial por el peso de cada agregado.

- Agua del agregado fino = $(4.433 / 100) * 957.73 \text{ kg}$
Agua del agregado fino = 42.456 l
- Agua del agregado grueso = $(0.47 / 100) * 747.44 \text{ kg}$
Agua del agregado grueso = 3.513 l

Finalmente se suma las cantidades de agua de cada agregado.

- Aporte de agua total a la mezcla = 42.456 l + 3.513 l
Aporte de agua total a la mezcla = 45.969 l

Agua efectiva. El agua efectiva de diseño se calcula de la diferencia entre el agua obtenida anteriormente y el aporte de agua total a la mezcla.

- Agua efectiva = 230 – 45.969
Agua efectiva = 184.031 l

Proporcionamiento del diseño. A continuación, se muestran las cantidades en peso de los materiales para la mezcla por cada metro cúbico.

Tabla 56. Cantidades en peso por cada m³

MÉTODO	RESISTENCIA (kg/cm ²)	MATERIALES (kg/m ³)			
		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
ACI - 211	210.00	336.26	957.73	747.44	184.03

Cantidades de materiales en peso para llenado. Se realizó el cálculo de la cantidad de materiales en peso para una tanda de 5 probetas de concreto cilíndrica. Se tendrá en cuenta el volumen aproximado de un cilindro de 6” x 12” = 0.0053014 m³ y un porcentaje de desperdicio del 10% por cada probeta. Teniendo:

Cemento	= 9.80 kg
Agregado fino	= 27.93 kg
Agregado grueso	= 21.79 kg
Agua	= 5.37 l

Diseño de Mezcla 02

Se usó el método del Comité ACI-211, variando el contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso. Partiendo del diseño general, desde el sub título “Presentación del diseño en estado seco”, pues todo lo anterior es lo mismo.

Datos

Agregado Fino

- Contenido de Humedad 3.84 %

Agregado Grueso

- Contenido de Humedad 1.32 %

Diseño

Presentación del diseño en estado seco. Son las cantidades en peso de los materiales que se necesitan para elaborar un (01) metro cúbico de concreto; estos materiales se encuentran en estado seco.

Cemento	: 336.26 kg
Agregado fino	: 906.34 kg
Agregado grueso	: 735.31 kg
Agua	: 230 l

Corrección por humedad de los agregados. Debido a que las humedades naturales de los agregados son diferentes a las de absorción es necesario hacer esta corrección. Por lo tanto, la dosificación corregida por humedad es la siguiente:

- Agregado fino = $906.34 \text{ kg} * (3.84/100 + 1)$
Agregado fino = 941.14 kg
- Agregado grueso = $735.31 \text{ kg} * (1.32/100 + 1)$
Agregado grueso = 745.02 kg

Humedad superficial. Para el cálculo de la humedad superficial, se realiza la diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción de los agregados.

- Agregado fino = $3.840 \% - 1.237 \%$
Agregado fino = 2.603 %
- Agregado grueso = $1.32 \% - 1.18 \%$
Agregado grueso = 0.14 %

Aporte de agua a la mezcla. Para determinar del aporte de agua a la mezcla, se realiza el producto del porcentaje de humedad superficial por el peso de cada agregado.

- Agua del agregado fino = $(2.603 / 100) * 941.14 \text{ kg}$
Agua del agregado fino = 24.498 l
- Agua del agregado grueso = $(0.14 / 100) * 745.02 \text{ kg}$
Agua del agregado grueso = 1.043 l

Finalmente se suma las cantidades de agua de cada agregado.

- Aporte de agua total a la mezcla = $24.498 \text{ l} + 1.043 \text{ l}$
Aporte de agua total a la mezcla = 25.541 l

Agua efectiva. El agua efectiva de diseño se calcula de la diferencia entre el agua obtenida anteriormente y el aporte de agua total a la mezcla.

- Agua efectiva = $230 - 25.541$

Agua efectiva = 204.459 l

Proporcionamiento del diseño. A continuación, se muestran las cantidades en peso de los materiales para la mezcla por cada metro cúbico.

Tabla 57. Cantidades en peso por cada m³

MÉTODO	RESISTENCIA (kg/cm ²)	MATERIALES (kg/m ³)			
		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
ACI - 211	210.00	336.26	941.14	745.02	204.46

Cantidades de materiales en peso para llenado. Se realizó el cálculo de la cantidad de materiales en peso para una tanda de 5 probetas de concreto cilíndrica. Se tendrá en cuenta el volumen aproximado de un cilindro de 6” x 12” = 0.0053014 m³ y un porcentaje de desperdicio del 10% por cada probeta. Teniendo:

Cemento = 9.80 kg
Agregado fino = 27.44 kg
Agregado grueso = 21.72 kg
Agua = 5.96 l

Estas cantidades de materiales fueron las que se usaron para la elaboración de los patrones del segundo día de llenado, sin embargo, no se tienen las mismas dosificaciones que el del diseño original, sino que fueron reajustados por humedad. Estos cambios se deben a las variaciones de temperatura y presencia de lluvia en la ciudad.

Diseño de Mezcla 03

Se usó el método del Comité ACI-211, variando el contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso. Partiendo del diseño general, desde el sub título “Presentación del diseño en estado seco”, pues todo lo anterior es lo mismo.

Datos

Agregado Fino

- Contenido de Humedad 3.67 %

Agregado Grueso

- Contenido de Humedad 1.18 %

Diseño

Presentación del diseño en estado seco. Son las cantidades en peso de los materiales que se necesitan para elaborar un (01) metro cúbico de concreto; estos materiales se encuentran en estado seco.

Cemento : 336.26 kg

Agregado fino : 906.34 kg

Agregado grueso : 735.31 kg

Agua : 230 l

Corrección por humedad de los agregados. Debido a que las humedades naturales de los agregados son diferentes a las de absorción es necesario hacer esta corrección. Por lo tanto, la dosificación corregida por humedad es la siguiente:

- Agregado fino = $906.34 \text{ kg} * (3.67/100 + 1)$

Agregado fino = 939.60 kg

- Agregado grueso = $735.31 \text{ kg} * (1.18/100 + 1)$

Agregado grueso = 743.99 kg

Humedad superficial. Para el cálculo de la humedad superficial, se realiza la diferencia entre el porcentaje de contenido de humedad y el porcentaje de absorción de los agregados fino y grueso.

- Agregado fino = $3.670 \% - 1.237 \%$

Agregado fino = 2.433 %

➤ Agregado grueso = 1.18 % – 1.18 %

Agregado grueso = 0.00 %

Aporte de agua a la mezcla. Para determinar del aporte de agua a la mezcla, se realiza el producto del porcentaje de humedad superficial por el peso de cada agregado.

➤ Agua del agregado fino = $(2.433 / 100) * 939.60$ kg

Agua del agregado fino = 22.86 l

➤ Agua del agregado grueso = $(0.00 / 100) * 747.44$ kg

Agua del agregado grueso = 0.00 l

Finalmente se suma las cantidades de agua de cada agregado.

➤ Aporte de agua total a la mezcla = $22.86 \text{ l} + 0.00 \text{ l}$

Aporte de agua total a la mezcla = 22.86 l

Agua efectiva. El agua efectiva de diseño se calcula de la diferencia entre el agua obtenida anteriormente y el aporte de agua total a la mezcla.

➤ Agua efectiva = $230 - 22.86$

Agua efectiva = 207.140 l

Proporcionamiento del diseño. A continuación, se muestran las cantidades en peso de los materiales para la mezcla por cada metro cúbico.

Tabla 58. Cantidades en peso por cada m³

MÉTODO	RESISTENCIA (kg/cm ²)	MATERIALES (kg/m ³)			
		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
ACI - 211	210.00	336.26	939.60	743.99	207.14

Cantidades de materiales en peso para llenado. Se realizó el cálculo de la cantidad de materiales en peso para una tanda de 5 probetas de concreto cilíndrica. Se tendrá en cuenta el volumen aproximado de un cilindro de 6" x 12" = 0.0053014 m³ y un porcentaje de desperdicio del 10% por cada probeta. Teniendo:

Cemento = 9.80 kg

Agregado fino = 27.40 kg

Agregado grueso = 21.69 kg

Agua = 6.04 l

Estas cantidades de materiales fueron las que se usaron para la elaboración de los patrones del tercer día de llenado, sin embargo, no se tienen las mismas dosificaciones que el del diseño original, sino que fueron reajustados por humedad. Estos cambios se deben a las variaciones de temperatura y presencia de lluvia en la ciudad.

APÉNDICE C. Elaboración de concreto seco predosificado en laboratorio

Debido a que los agregados del concreto patrón o concreto elaborado de la manera tradicional presenta una similitud en sus propiedades con el concreto seco predosificado Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I. Se decidió elaborar un concreto seco predosificado en laboratorio con los agregados de la cantera Aguilar del río Chonta y compararlo con el concreto seco predosificado elaborado en fábrica. Con el fin de conocer las resistencias a compresión de las probetas de concreto cilíndricas en ambos casos.

Diseño de Mezcla 04

Se usó el método del Comité ACI-211, teniendo en cuenta que el contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso es 0.00%. Por lo que, de acuerdo al diseño original, se llega a la cantidad de materiales en estado seco por metro cúbico del concreto.

Proporcionamiento del diseño. A continuación, se muestran las cantidades en peso de los materiales para la mezcla por cada metro cúbico.

Tabla 59. Cantidades en peso por cada m³

MÉTODO	RESISTENCIA (kg/cm ²)	MATERIALES (kg/m ³)			
		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
ACI - 211	210.00	336.26	906.34	735.31	230

Cantidades de materiales en peso para embolsado. Se realiza el cálculo de la cantidad de materiales en peso para que la suma de los agregados con el cemento sea igual a 40 kg. Teniendo:

Cemento	: 6.80 kg
Agregado fino	: 18.33 kg
Agregado grueso	: 14.87 kg
Agua	: 4.64 l

Estas cantidades de materiales fueron las que se usaron para la elaboración de las bolsas de concreto seco predosificado elaborado en laboratorio con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta.

Resistencia a compresión

La resistencia a compresión será presentada en tablas resumen por cada grupo de probetas de concreto cilíndricas.

Grupo A. Conformado con 5 probetas de concreto, las que han sido elaboradas por concreto seco predosificado para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Rapimix Pacasmayo con cemento Tipo I añadiendo 4.64 litros de agua por bolsa. En este caso, formará parte del patrón para la comparación con el concreto seco predosificado elaborado en laboratorio.

Tabla 60. Resistencia a compresión del concreto seco predosificado con 4.64l de agua a 7 días en kg/cm^2

Días	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO
A 7 días	191.36	204.91	202.04	198.59	200.36	199.45

Grupo B. Conformado con 5 probetas de concreto, las que han sido elaboradas por concreto seco predosificado elaborado en laboratorio con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento Tipo I añadiendo 4.64 litros de agua por bolsa. La cantidad de agua se debe al diseño que se realizó con el método ACI-211.

Tabla 61. Resistencia a compresión de concreto seco predosificado en laboratorio con 4.64l de agua a 7 días en kg/cm^2

Días	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO
A 7 días	226.63	194.66	202.25	204.10	204.81	206.49

APÉNDICE D. Ensayo a compresión de probetas de concreto

A continuación, se presentan las tablas del desarrollo para calcular las resistencias a compresión del concreto de los grupos existentes.

Para edad de 7 días

Tabla 62. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M1 a M5) para 7 días

N° de probeta	1	2	3	4	5
Identificación	C7IIIc4	C7Pa1	C7Pa2	C7Pa3	C7Pb1
Fecha de vaciado	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024
Fecha de rotura	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024
Edad (días)	7	7	7	7	7
Diámetros (cm)	14.940	15.193	15.250	15.011	15.288
	15.131	15.278	15.233	15.022	15.191
Diámetro promedio (cm)	15.036	15.236	15.242	15.017	15.240
Altura (cm)	30.00	30.30	30.35	30.15	30.30
Peso (gr)	12365	12828	12958	12481	12885
Volumen (cm³)	5326.56	5523.90	5537.38	5339.67	5526.80
Peso específico (gr/cm³)	2.32	2.32	2.34	2.34	2.33
Carga máxima (kN)	359.99	363.12	367.38	355.11	373.20
Carga máxima (kg)	36708.18	37027.35	37461.74	36210.57	38055.20
Sección transversal (cm²)	177.55	182.31	182.45	177.10	182.40
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	206.75	203.10	205.33	204.46	208.63
Porcentaje obtenido (%)	98.45%	96.72%	97.77%	97.36%	99.35%

Tabla 63. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M6 a M10) para 7 días

N° de probeta	6	7	8	9	10
Identificación	C7Pb2	C7Pb3	C7Pc1	C7Pc2	C7Pc3
Fecha de vaciado	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024
Fecha de rotura	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024
Edad (días)	7	7	7	7	7
Diámetros (cm)	15.230	15.194	15.293	15.234	15.073
	15.225	15.160	15.291	15.234	15.148
Diámetro promedio (cm)	15.228	15.177	15.292	15.234	15.111
Altura (cm)	30.30	30.10	30.30	30.35	30.05
Peso (gr)	12810	12508	12866	12885	12589
Volumen (cm³)	5518.10	5445.38	5564.95	5531.93	5388.80
Peso específico (gr/cm³)	2.32	2.30	2.31	2.33	2.34
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	38000	35500	37500	39000	38000
Sección transversal (cm²)	182.12	180.91	183.66	182.27	179.33
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	208.66	196.23	204.18	213.97	211.90
Porcentaje obtenido (%)	99.36%	93.44%	97.23%	101.89%	100.91%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)			206.32		

Tabla 64. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 2 para 7 días

N° de probeta	11	12	13	14	15
Identificación	C7Ib2	C7Ib3	C7Ib4	C7Ic1	C7Ic2
Fecha de vaciado	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024
Fecha de rotura	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024
Edad (días)	7	7	7	7	7
Diámetros (cm)	15.147	15.294	15.297	14.960	15.128
	15.050	15.147	15.230	15.213	14.927
Diámetro promedio (cm)	15.099	15.221	15.264	15.087	15.028
Altura (cm)	30.10	30.35	30.40	30.05	30.10
Peso (gr)	12089	12409	12540	12017	12027
Volumen (cm³)	5389.20	5522.13	5562.52	5371.70	5338.63
Peso específico (gr/cm³)	2.24	2.25	2.25	2.24	2.25
Carga máxima (kN)	346.74	337.55	350.54	345.82	350.26
Carga máxima (kg)	35357.08	34419.97	35744.56	35263.27	35716.01
Sección transversal (cm²)	179.04	181.95	182.98	178.76	177.36
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	197.48	189.17	195.35	197.27	201.37
Porcentaje obtenido (%)	94.04%	90.08%	93.02%	93.94%	95.89%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	196.13				

Tabla 65. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 3 para 7 días

N° de probeta	16	17	18	19	20
Identificación	C7Ic3	C7Ic4	C7IIa1	C7IIa2	C7IIa3
Fecha de vaciado	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024
Fecha de rotura	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024
Edad (días)	7	7	7	7	7
Diámetros (cm)	15.203	15.158	14.890	15.160	15.156
	15.295	15.082	15.164	14.918	15.264
Diámetro promedio (cm)	15.249	15.120	15.027	15.039	15.210
Altura (cm)	30.40	30.00	29.95	30.10	30.50
Peso (gr)	12817	12439	12362	12582	12890
Volumen (cm³)	5551.96	5386.60	5311.67	5346.80	5541.77
Peso específico (gr/cm³)	2.31	2.31	2.33	2.35	2.33
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	40500	40000	41000	43000	43000
Sección transversal (cm²)	182.63	179.55	177.35	177.63	181.70
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	221.76	222.78	231.18	242.07	236.66
Porcentaje obtenido (%)	105.60%	106.08%	110.09%	115.27%	112.69%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)			230.89		

Tabla 66. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 4 para 7 días

N° de probeta	21	22	23	24	25
Identificación	C7IIa4	C7IIb1	C7IIb2	C7IIb3	C7IIb4
Fecha de vaciado	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024
Fecha de rotura	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024
Edad (días)	7	7	7	7	7
Diámetros (cm)	15.233	15.057	15.087	15.106	15.257
	15.145	15.126	15.132	15.291	15.244
Diámetro promedio (cm)	15.189	15.092	15.110	15.199	15.251
Altura (cm)	30.25	30.25	29.90	30.40	30.45
Peso (gr)	12728	12511	12437	12852	12874
Volumen (cm³)	5481.17	5411.03	5361.19	5515.25	5562.18
Peso específico (gr/cm³)	2.32	2.31	2.32	2.33	2.31
Carga máxima (kN)	372.01	366.78	376.12	362.75	366.14
Carga máxima (kg)	37933.86	37400.56	38352.96	36989.62	37335.30
Sección transversal (cm²)	181.20	178.88	179.30	181.42	182.67
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	209.35	209.09	213.90	203.89	204.39
Porcentaje obtenido (%)	99.69%	99.56%	101.86%	97.09%	97.33%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	208.12				

Tabla 67. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 5 para 7 días

N° de probeta	26	27	28	29	30
Identificación	C7Ia1	C7Ia2	C7Ia3	C7Ia4	C7Ib1
Fecha de vaciado	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024
Fecha de rotura	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024
Edad (días)	7	7	7	7	7
Diámetros (cm)	15.084	15.028	15.170	15.185	15.000
	14.928	15.207	15.250	15.171	15.107
Diámetro promedio (cm)	15.006	15.118	15.210	15.178	15.054
Altura (cm)	30.20	30.15	30.30	30.45	30.10
Peso (gr)	12785	12658	13013	13053	12607
Volumen (cm³)	5341.05	5411.74	5505.43	5509.42	5357.12
Peso específico (gr/cm³)	2.39	2.34	2.36	2.37	2.35
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	38500	39500	40500	39500	40000
Sección transversal (cm²)	176.86	179.49	181.70	180.93	177.98
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	217.69	220.06	222.90	218.31	224.75
Porcentaje obtenido (%)	103.66%	104.79%	106.14%	103.96%	107.02%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)			220.74		

Tabla 68. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 6 para 7 días

N° de probeta	31	32	33	34	35
Identificación	C7IIc1	C7IIc2	C7IIc3	C7IIc4	C7IIIa1
Fecha de vaciado	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024
Fecha de rotura	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024
Edad (días)	7	7	7	7	7
Diámetros (cm)	15.153	15.135	15.222	15.128	15.272
	14.935	15.173	15.269	15.065	15.000
Diámetro promedio (cm)	15.044	15.154	15.246	15.097	15.136
Altura (cm)	29.85	29.95	30.10	30.05	30.00
Peso (gr)	12379	12502	12820	12521	12573
Volumen (cm³)	5305.92	5401.83	5494.65	5378.82	5398.01
Peso específico (gr/cm³)	2.33	2.31	2.33	2.33	2.33
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	37000	39500	37000	39000	38500
Sección transversal (cm²)	177.75	180.36	182.55	179.00	179.93
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	208.15	219.00	202.69	217.88	213.97
Porcentaje obtenido (%)	99.12%	104.29%	96.52%	103.75%	101.89%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)			212.34		

Tabla 69. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 7 para 7 días

N° de probeta	36	37	38	39	40
Identificación	C7IIIa2	C7IIIa3	C7IIIa4	C7IIIb1	C7IIIb2
Fecha de vaciado	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024
Fecha de rotura	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024
Edad (días)	7	7	7	7	7
Diámetros (cm)	14.972	15.292	15.296	15.037	15.048
	15.022	15.276	15.198	15.115	15.149
Diámetro promedio (cm)	14.997	15.284	15.247	15.076	15.099
Altura (cm)	30.00	30.15	30.15	30.15	30.05
Peso (gr)	12636	12853	12904	12619	12612
Volumen (cm³)	5299.32	5531.61	5504.86	5382.07	5380.24
Peso específico (gr/cm³)	2.38	2.32	2.34	2.34	2.34
Carga máxima (kN)	345.50	362.65	355.93	343.91	340.45
Carga máxima (kg)	35230.64	36979.42	36294.18	35068.50	34715.69
Sección transversal (cm²)	176.64	183.47	182.58	178.51	179.04
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	199.44	201.56	198.78	196.45	193.90
Porcentaje obtenido (%)	94.97%	95.98%	94.66%	93.55%	92.33%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	198.03				

Tabla 70. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 8 para 7 días

N° de probeta	41	42	43	44	45
Identificación	C7IIIb3	C7IIIb4	C7IIIc1	C7IIIc2	C7IIIc3
Fecha de vaciado	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024	29/02/2024
Fecha de rotura	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024	7/03/2024
Edad (días)	7	7	7	7	7
Diámetros (cm)	15.271	15.141	14.930	15.151	15.271
	15.285	15.208	15.137	15.121	15.128
Diámetro promedio (cm)	15.278	15.175	15.034	15.136	15.200
Altura (cm)	30.25	30.40	30.15	30.10	30.30
Peso (gr)	12978	12939	12659	12687	13049
Volumen (cm³)	5545.60	5497.84	5351.77	5416.00	5497.83
Peso específico (gr/cm³)	2.34	2.35	2.37	2.34	2.37
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	35500	36000	35000	35500	35000
Sección transversal (cm²)	183.33	180.85	177.50	179.93	181.45
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	193.64	199.06	197.18	197.30	192.89
Porcentaje obtenido (%)	92.21%	94.79%	93.89%	93.95%	91.85%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	196.01				

Para edad de 14 días

Tabla 71. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M1 a M5) para 14 días

N° de probeta	1	2	3	4	5
Identificación	C14IIIc4	C14Pa1	C14Pa2	C14Pa3	C14Pb1
Fecha de vaciado	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024
Fecha de rotura	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024
Edad (días)	14	14	14	14	14
Diámetros (cm)	14.953	15.168	15.175	15.195	15.151
	14.905	14.899	15.082	15.037	15.278
Diámetro promedio (cm)	14.929	15.034	15.129	15.116	15.215
Altura (cm)	30.00	30.40	30.40	30.00	30.40
Peso (gr)	12459	12854	12979	12514	12889
Volumen (cm³)	5251.37	5396.15	5464.56	5383.75	5526.86
Peso específico (gr/cm³)	2.37	2.38	2.38	2.32	2.33
Carga máxima (kN)	425.29	434.34	443.91	434.94	427.92
Carga máxima (kg)	43366.82	44289.65	45265.50	44350.83	43635.00
Sección transversal (cm²)	175.05	177.50	179.76	179.46	181.80
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	247.75	249.51	251.82	247.14	240.01
Porcentaje obtenido (%)	117.97%	118.82%	119.91%	117.68%	114.29%

Tabla 72. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M6 a M10) a 14 días

N° de probeta	6	7	8	9	10
Identificación	C14Pb2	C14Pb3	C14Pc1	C14Pc2	C14Pc3
Fecha de vaciado	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024
Fecha de rotura	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024
Edad (días)	14	14	14	14	14
Diámetros (cm)	15.167	14.946	15.197	15.197	15.156
	15.193	15.146	15.177	15.195	14.905
Diámetro promedio (cm)	15.180	15.046	15.187	15.196	15.031
Altura (cm)	30.40	29.90	30.40	30.35	30.00
Peso (gr)	12874	12518	12924	12907	12573
Volumen (cm³)	5501.83	5316.22	5506.90	5504.36	5323.02
Peso específico (gr/cm³)	2.34	2.35	2.35	2.34	2.36
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	44500	43500	45000	45500	42500
Sección transversal (cm²)	180.98	177.80	181.15	181.36	177.43
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	245.88	244.66	248.42	250.88	239.53
Porcentaje obtenido (%)	117.09%	116.50%	118.29%	119.47%	114.06%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)			246.56		

Tabla 73. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 2 para 14 días

N° de probeta	11	12	13	14	15
Identificación	C14Ib2	C14Ib3	C14Ib4	C14Ic1	C14Ic2
Fecha de vaciado	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024
Fecha de rotura	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024
Edad (días)	14	14	14	14	14
Diámetros (cm)	15.090	15.290	15.291	14.972	15.127
	15.045	15.118	15.243	15.145	15.080
Diámetro promedio (cm)	15.068	15.204	15.267	15.059	15.104
Altura (cm)	30.10	30.40	30.50	29.95	30.00
Peso (gr)	12778	13190	13250	12715	12745
Volumen (cm³)	5367.09	5519.24	5583.38	5333.96	5374.85
Peso específico (gr/cm³)	2.38	2.39	2.37	2.38	2.37
Carga máxima (kN)	473.02	497.16	497.61	462.07	467.15
Carga máxima (kg)	48233.85	50695.41	50741.29	47117.28	47635.29
Sección transversal (cm²)	178.31	181.55	183.06	178.10	179.16
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	270.51	279.23	277.18	264.56	265.88
Porcentaje obtenido (%)	128.81%	132.97%	131.99%	125.98%	126.61%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)			271.47		

Tabla 74. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 3 para 14 días

N° de probeta	16	17	18	19	20
Identificación	C14Ic3	C14Ic4	C14IIa1	C14IIa2	C14IIa3
Fecha de vaciado	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024
Fecha de rotura	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024
Edad (días)	14	14	14	14	14
Diámetros (cm)	15.275	14.983	14.916	15.088	15.297
	15.097	15.216	15.133	15.066	15.158
Diámetro promedio (cm)	15.186	15.100	15.025	15.077	15.228
Altura (cm)	30.30	29.95	30.00	30.10	30.45
Peso (gr)	13113	12775	12713	12747	13135
Volumen (cm³)	5488.07	5363.05	5318.77	5373.86	5545.42
Peso específico (gr/cm³)	2.39	2.38	2.39	2.37	2.37
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	50000	47000	51000	50500	49000
Sección transversal (cm²)	181.12	179.07	177.29	178.53	182.12
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	276.05	262.47	287.66	282.86	269.06
Porcentaje obtenido (%)	131.45%	124.99%	136.98%	134.70%	128.12%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	275.62				

Tabla 75. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 4 para 14 días

N° de probeta	21	22	23	24	25
Identificación	C14IIa4	C14IIb1	C14IIb2	C14IIb3	C14IIb4
Fecha de vaciado	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024
Fecha de rotura	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024
Edad (días)	14	14	14	14	14
Diámetros (cm)	15.172	15.018	14.910	15.290	15.169
	15.153	15.161	15.085	15.052	15.290
Diámetro promedio (cm)	15.163	15.090	14.998	15.171	15.230
Altura (cm)	30.30	30.10	30.00	30.50	30.45
Peso (gr)	13099	12888	12588	13145	13214
Volumen (cm³)	5471.09	5382.77	5299.67	5513.38	5546.88
Peso específico (gr/cm³)	2.39	2.39	2.38	2.38	2.38
Carga máxima (kN)	488.28	474.3	455.69	478.98	489.35
Carga máxima (kg)	49789.91	48364.37	46466.71	48841.59	49899.02
Sección transversal (cm²)	180.56	178.83	176.66	180.77	182.16
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	275.75	270.45	263.04	270.19	273.92
Porcentaje obtenido (%)	131.31%	128.79%	125.25%	128.66%	130.44%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	270.67				

Tabla 76. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 5 para 14 días

N° de probeta	26	27	28	29	30
Identificación	C14Ia1	C14Ia2	C14Ia3	C14Ia4	C14Ib1
Fecha de vaciado	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024
Fecha de rotura	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024
Edad (días)	14	14	14	14	14
Diámetros (cm)	15.088	15.100	15.300	15.269	14.945
	15.038	15.067	15.163	15.231	15.120
Diámetro promedio (cm)	15.063	15.084	15.232	15.250	15.033
Altura (cm)	30.00	30.10	30.20	30.50	30.10
Peso (gr)	12797	12796	12986	13109	12758
Volumen (cm³)	5346.06	5378.49	5502.78	5570.95	5342.18
Peso específico (gr/cm³)	2.39	2.38	2.36	2.35	2.39
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	52500	47000	50000	50000	48000
Sección transversal (cm²)	178.20	178.69	182.21	182.65	177.48
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	294.61	263.03	274.41	273.74	270.45
Porcentaje obtenido (%)	140.29%	125.25%	130.67%	130.35%	128.79%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)			275.25		

Tabla 77. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 6 para 14 días

N° de probeta	31	32	33	34	35
Identificación	C14IIc1	C14IIc2	C14IIc3	C14IIc4	C14IIIa1
Fecha de vaciado	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024
Fecha de rotura	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024
Edad (días)	14	14	14	14	14
Diámetros (cm)	15.118	15.157	15.250	15.293	15.104
	15.152	15.059	15.272	14.964	14.999
Diámetro promedio (cm)	15.135	15.108	15.261	15.129	15.052
Altura (cm)	29.85	30.00	30.40	30.00	30.10
Peso (gr)	12698	12747	13146	12715	12780
Volumen (cm³)	5370.31	5378.05	5560.70	5392.66	5355.70
Peso específico (gr/cm³)	2.36	2.37	2.36	2.36	2.39
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	36500	39000	37000	36500	37000
Sección transversal (cm²)	179.91	179.27	182.92	179.76	177.93
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	202.88	217.55	202.28	203.05	207.95
Porcentaje obtenido (%)	96.61%	103.60%	96.32%	96.69%	99.02%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)			206.74		

Tabla 78. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 7 para 14 días

N° de probeta	36	37	38	39	40
Identificación	C14IIIa2	C14IIIa3	C14IIIa4	C14IIIb1	C14IIIb2
Fecha de vaciado	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024
Fecha de rotura	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024
Edad (días)	14	14	14	14	14
Diámetros (cm)	14.984	15.228	15.154	14.979	14.989
	15.096	15.231	15.122	14.999	15.116
Diámetro promedio (cm)	15.040	15.230	15.138	14.989	15.053
Altura (cm)	30.20	30.40	30.25	30.00	30.00
Peso (gr)	12733	13067	13038	12573	12687
Volumen (cm³)	5365.28	5537.77	5444.43	5293.67	5338.61
Peso específico (gr/cm³)	2.37	2.36	2.39	2.38	2.38
Carga máxima (kN)	434.41	460.03	446.52	441.79	437.17
Carga máxima (kg)	44296.79	46909.26	45531.64	45049.33	44578.22
Sección transversal (cm²)	177.66	182.16	179.98	176.46	177.95
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	249.34	257.51	252.98	255.30	250.50
Porcentaje obtenido (%)	118.73%	122.62%	120.47%	121.57%	119.29%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	253.13				

Tabla 79. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 8 para 14 días

N° de probeta	41	42	43	44	45
Identificación	C14IIIb3	C14IIIb4	C14IIIc1	C14IIIc2	C14IIIc3
Fecha de vaciado	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024	23/02/2024
Fecha de rotura	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024	8/03/2024
Edad (días)	14	14	14	14	14
Diámetros (cm)	15.291	15.198	15.154	15.045	15.106
	15.147	15.118	14.881	15.090	15.234
Diámetro promedio (cm)	15.219	15.158	15.018	15.068	15.170
Altura (cm)	30.35	30.40	29.95	30.05	30.30
Peso (gr)	12881	12788	12405	12652	12890
Volumen (cm³)	5521.04	5485.89	5304.96	5358.17	5476.51
Peso específico (gr/cm³)	2.33	2.33	2.34	2.36	2.35
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	43000	42500	43000	42500	44000
Sección transversal (cm²)	181.91	180.46	177.13	178.31	180.74
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	236.38	235.51	242.76	238.35	243.44
Porcentaje obtenido (%)	112.56%	112.15%	115.60%	113.50%	115.92%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	239.29				

Para edad de 28 días

Tabla 80. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M1 a M5) para 28 días

N° de probeta	1	2	3	4	5
Identificación	C28IIIc4	C28Pa1	C28Pa2	C28Pa3	C28Pb1
Fecha de vaciado	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024
Fecha de rotura	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024
Edad (días)	28	28	28	28	28
Diámetros (cm)	14.909	15.175	15.203	15.045	15.176
	15.149	15.215	15.230	15.086	15.265
Diámetro promedio (cm)	15.029	15.195	15.217	15.066	15.221
Altura (cm)	29.90	30.40	30.40	29.90	30.40
Peso (gr)	12383	12873	12940	12534	12932
Volumen (cm³)	5304.22	5512.71	5528.32	5330.01	5531.22
Peso específico (gr/cm³)	2.33	2.34	2.34	2.35	2.34
Carga máxima (kN)	418.06	422.39	429.72	415.39	437.30
Carga máxima (kg)	42629.58	43071.11	43818.55	42357.32	44591.48
Sección transversal (cm²)	177.40	181.34	181.85	178.26	181.95
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	240.30	237.52	240.96	237.61	245.08
Porcentaje obtenido (%)	114.43%	113.10%	114.74%	113.15%	116.70%

Tabla 81. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 1 (M6 a M10) a 28 días

N° de probeta	6	7	8	9	10
Identificación	C28Pb2	C28Pb3	C28Pc1	C28Pc2	C28Pc3
Fecha de vaciado	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024
Fecha de rotura	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024
Edad (días)	28	28	28	28	28
Diámetros (cm)	15.133	15.120	15.236	15.206	15.294
	15.254	14.982	15.154	15.207	14.902
Diámetro promedio (cm)	15.194	15.051	15.195	15.207	15.098
Altura (cm)	30.30	29.95	30.40	30.40	30.00
Peso (gr)	12827	12472	12889	12987	12536
Volumen (cm³)	5493.49	5328.65	5512.71	5521.05	5370.94
Peso específico (gr/cm³)	2.33	2.34	2.34	2.35	2.33
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	45000	45500	46500	47500	44500
Sección transversal (cm²)	181.30	177.92	181.34	181.61	179.03
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	248.20	255.74	256.43	261.54	248.56
Porcentaje obtenido (%)	118.19%	121.78%	122.11%	124.54%	118.36%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)			247.19		

Tabla 82. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 2 para 28 días

N° de probeta	11	12	13	14	15
Identificación	C28Ib2	C28Ib3	C28Ib4	C28Ic1	C28Ic2
Fecha de vaciado	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024
Fecha de rotura	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024
Edad (días)	28	28	28	28	28
Diámetros (cm)	15.134	15.147	15.196	14.973	15.065
	15.070	15.298	15.213	15.174	14.993
Diámetro promedio (cm)	15.102	15.223	15.205	15.074	15.029
Altura (cm)	30.05	30.30	30.40	30.05	30.00
Peso (gr)	12699	13110	13160	12611	12626
Volumen (cm³)	5382.74	5514.48	5519.60	5362.44	5321.96
Peso específico (gr/cm³)	2.36	2.38	2.38	2.35	2.37
Carga máxima (kN)	492.07	520.77	518.49	506.67	516.44
Carga máxima (kg)	50176.38	53102.92	52870.43	51665.14	52661.39
Sección transversal (cm²)	179.13	182.00	181.57	178.45	177.40
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	280.12	291.78	291.19	289.52	296.85
Porcentaje obtenido (%)	133.39%	138.94%	138.66%	137.87%	141.36%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	289.89				

Tabla 83. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 3 para 28 días

N° de probeta	16	17	18	19	20
Identificación	C28Ic3	C28Ic4	C28IIa1	C28IIa2	C28IIa3
Fecha de vaciado	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024
Fecha de rotura	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024
Edad (días)	28	28	28	28	28
Diámetros (cm)	15.214	14.974	14.838	14.879	15.136
	15.152	15.171	15.084	15.204	15.237
Diámetro promedio (cm)	15.183	15.073	14.961	15.042	15.187
Altura (cm)	30.40	30.10	30.00	30.05	30.40
Peso (gr)	13012	12629	12530	12782	12942
Volumen (cm³)	5504.00	5370.65	5273.91	5339.70	5506.54
Peso específico (gr/cm³)	2.36	2.35	2.38	2.39	2.35
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	54000	52000	53000	54500	54000
Sección transversal (cm²)	181.05	178.43	175.80	177.69	181.14
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	298.26	291.44	301.48	306.71	298.12
Porcentaje obtenido (%)	142.03%	138.78%	143.56%	146.05%	141.96%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	299.20				

Tabla 84. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 4 para 28 días

N° de probeta	21	22	23	24	25
Identificación	C28IIa4	C28IIb1	C28IIb2	C28IIb3	C28IIb4
Fecha de vaciado	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024
Fecha de rotura	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024
Edad (días)	28	28	28	28	28
Diámetros (cm)	15.242	15.152	14.960	15.119	15.140
	15.154	15.091	15.106	15.300	15.300
Diámetro promedio (cm)	15.198	15.122	15.033	15.210	15.220
Altura (cm)	30.30	30.00	30.00	30.50	30.40
Peso (gr)	12981	12742	12620	13116	13149
Volumen (cm³)	5496.74	5387.67	5324.79	5541.40	5530.86
Peso específico (gr/cm³)	2.36	2.37	2.37	2.37	2.38
Carga máxima (kN)	490.66	466.19	468.89	482.43	504.60
Carga máxima (kg)	50032.60	47537.39	47812.71	49193.39	51454.06
Sección transversal (cm²)	181.41	179.59	177.49	181.69	181.94
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	275.80	264.70	269.38	270.76	282.81
Porcentaje obtenido (%)	131.33%	126.05%	128.28%	128.93%	134.67%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	272.69				

Tabla 85. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 5 para 28 días

N° de probeta	26	27	28	29	30
Identificación	C28Ia1	C28Ia2	C28Ia3	C28Ia4	C28Ib1
Fecha de vaciado	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024
Fecha de rotura	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024
Edad (días)	28	28	28	28	28
Diámetros (cm)	14.948	15.056	15.266	15.227	15.225
	15.140	14.966	15.286	15.202	14.987
Diámetro promedio (cm)	15.044	15.011	15.276	15.215	15.106
Altura (cm)	30.15	30.00	30.25	30.30	30.10
Peso (gr)	12659	12661	12900	12807	12583
Volumen (cm³)	5359.25	5309.22	5544.14	5508.68	5394.55
Peso específico (gr/cm³)	2.36	2.38	2.33	2.32	2.33
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	47000	47000	47500	48000	46500
Sección transversal (cm²)	177.75	176.97	183.28	181.80	179.22
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	264.41	265.58	259.17	264.02	259.46
Porcentaje obtenido (%)	125.91%	126.46%	123.41%	125.72%	123.55%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)			262.53		

Tabla 86. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 6 para 28 días

N° de probeta	31	32	33	34	35
Identificación	C28IIc1	C28IIc2	C28IIc3	C28IIc4	C28IIIa1
Fecha de vaciado	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024
Fecha de rotura	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024
Edad (días)	28	28	28	28	28
Diámetros (cm)	15.134	15.106	15.240	15.197	15.040
	15.024	15.183	15.202	14.928	15.239
Diámetro promedio (cm)	15.079	15.145	15.221	15.063	15.140
Altura (cm)	29.85	29.90	30.35	30.00	30.00
Peso (gr)	12556	12646	13005	12647	12670
Volumen (cm³)	5330.64	5386.06	5522.49	5345.71	5400.50
Peso específico (gr/cm³)	2.36	2.35	2.35	2.37	2.35
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	51000	51000	50500	49000	51000
Sección transversal (cm²)	178.58	180.14	181.96	178.19	180.02
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	285.58	283.12	277.53	274.99	283.31
Porcentaje obtenido (%)	135.99%	134.82%	132.16%	130.95%	134.91%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	280.91				

Tabla 87. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 7 para 28 días

N° de probeta	36	37	38	39	40
Identificación	C28IIIa2	C28IIIa3	C28IIIa4	C28IIIb1	C28IIIb2
Fecha de vaciado	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024
Fecha de rotura	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024
Edad (días)	28	28	28	28	28
Diámetros (cm)	15.026	15.125	15.221	15.064	15.036
	15.224	15.300	15.267	15.090	15.208
Diámetro promedio (cm)	15.125	15.213	15.244	15.077	15.122
Altura (cm)	30.00	30.35	30.30	30.00	30.00
Peso (gr)	12735	13034	12993	12639	12711
Volumen (cm³)	5390.16	5516.32	5530.07	5356.01	5388.03
Peso específico (gr/cm³)	2.36	2.36	2.35	2.36	2.36
Carga máxima (kN)	499.64	507.65	491.51	483.62	496.56
Carga máxima (kg)	50948.29	51765.07	50119.27	49314.73	50634.22
Sección transversal (cm²)	179.67	181.76	182.51	178.53	179.60
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	283.56	284.80	274.61	276.22	281.93
Porcentaje obtenido (%)	135.03%	135.62%	130.77%	131.53%	134.25%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)			280.22		

Tabla 88. Cálculo de la resistencia a compresión del Grupo 8 para 28 días

N° de probeta	41	42	43	44	45
Identificación	C28IIIb3	C28IIIb4	C28IIIc1	C28IIIc2	C28IIIc3
Fecha de vaciado	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024	22/02/2024
Fecha de rotura	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024	21/03/2024
Edad (días)	28	28	28	28	28
Diámetros (cm)	15.271	15.111	14.927	15.114	15.189
	15.148	15.277	15.145	14.996	15.214
Diámetro promedio (cm)	15.210	15.194	15.036	15.055	15.202
Altura (cm)	30.40	30.40	30.05	30.00	30.45
Peso (gr)	13040	13004	12736	12702	13137
Volumen (cm³)	5523.23	5511.98	5335.79	5340.39	5526.50
Peso específico (gr/cm³)	2.36	2.36	2.39	2.38	2.38
Carga máxima (kN)	-	-	-	-	-
Carga máxima (kg)	47000	43500	44500	45000	44000
Sección transversal (cm²)	181.69	181.32	177.56	178.01	181.49
Resistencia de diseño (kg/cm²)	210	210	210	210	210
Resistencia obtenida (kg/cm²)	258.69	239.91	250.61	252.79	242.43
Porcentaje obtenido (%)	123.19%	114.24%	119.34%	120.38%	115.44%
Resistencia a compresión promedio (kg/cm²)	248.89				

APÉNDICE E. Esfuerzo vs Deformación Unitaria

Tabla 89. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 1 (M1 a M4) para 28 días

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.32	7.73	0.83	7.56	0.90	7.54	0.97	7.69
2.90	15.46	2.49	15.13	2.30	15.08	3.04	15.39
4.16	23.19	3.61	22.69	3.46	22.63	4.20	23.08
5.20	30.93	4.42	30.25	4.20	30.17	5.08	30.78
6.07	38.66	5.19	37.82	4.78	37.71	5.80	38.47
6.78	46.39	5.84	45.38	5.34	45.25	6.49	46.17
7.42	54.12	6.29	52.95	5.79	52.80	7.04	53.86
8.01	61.85	6.80	60.51	6.21	60.34	7.62	61.55
8.55	69.58	7.17	68.07	6.60	67.88	8.09	69.25
9.05	77.32	7.60	75.64	6.90	75.42	8.54	76.94
9.47	85.05	8.03	83.20	7.24	82.96	9.01	84.64
9.78	92.78	8.30	90.76	7.53	90.51	9.42	92.33
10.12	100.51	8.65	98.33	7.87	98.05	9.75	100.03
10.54	108.24	8.97	105.89	8.16	105.59	10.08	107.72
10.82	115.97	9.21	113.45	8.43	113.13	10.36	115.41
11.08	123.71	9.42	121.02	8.64	120.68	10.64	123.11
11.30	131.44	9.64	128.58	8.85	128.22	10.88	130.80
11.53	139.17	9.85	136.15	9.09	135.76	11.13	138.50
11.75	146.90	10.06	143.71	9.30	143.30	11.38	146.19
11.95	154.63	10.28	151.27	9.48	150.85	11.60	153.88
12.12	162.36	10.52	158.84	9.70	158.39	11.80	161.58
12.34	170.10	10.71	166.40	9.83	165.93	12.04	169.27
12.48	177.83	10.89	173.96	10.20	173.47	12.27	176.97
12.74	185.56	11.08	181.53	10.41	181.01	12.49	184.66
12.93	193.29	11.35	189.09	10.59	188.56	12.68	192.36
13.19	201.02	11.54	196.65	10.78	196.10	12.90	200.05
13.38	208.75	11.70	204.22	10.94	203.64	13.07	207.74
13.64	216.49	11.91	211.78	11.17	211.18	13.26	215.44
13.86	224.22	12.13	219.35	11.41	218.73	13.43	223.13
14.09	231.95	12.31	226.91	11.52	226.27	13.87	230.83
14.37	239.68	12.53	234.47	11.76	233.81	14.23	237.61
14.40	240.30	12.96	237.52	12.15	240.96		

Tabla 90. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 1 (M5) para 28 días

MUESTRA 5	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00
0.53	7.54
2.05	15.08
3.15	22.61
3.99	30.15
4.68	37.69
5.31	45.23
5.81	52.77
6.28	60.31
6.62	67.84
7.04	75.38
7.33	82.92
7.67	90.46
7.93	98.00
8.28	105.53
8.51	113.07
8.80	120.61
9.01	128.15
9.25	135.69
9.46	143.23
9.67	150.76
9.96	158.30
10.12	165.84
10.38	173.38
10.56	180.92
10.75	188.45
10.93	195.99
11.11	203.53
11.25	211.07
11.53	218.61
11.72	226.15
11.88	233.68
12.24	241.22
12.64	245.08

Figura 24. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 1 (M1 a M5) para 28 días

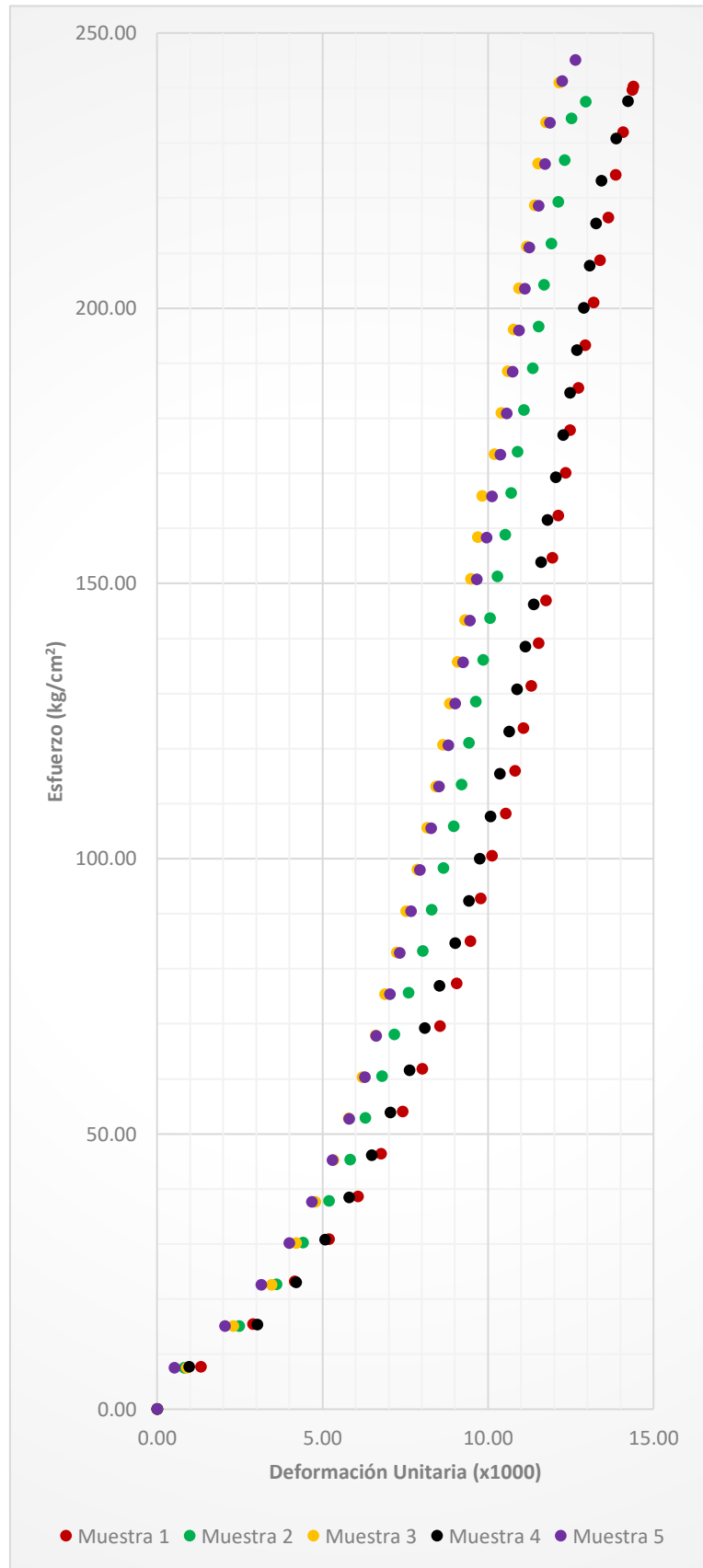


Tabla 91. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 1 (M6 a M9) para 28 días

MUESTRA 6		MUESTRA 7		MUESTRA 8		MUESTRA 9	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	7.41	1.02	7.52	0.66	7.43	0.64	7.87
1.17	14.82	1.65	15.04	1.32	14.87	1.26	15.73
1.59	22.23	2.21	22.56	1.80	22.30	1.78	23.60
1.86	29.64	2.65	30.09	2.21	29.73	2.17	31.46
2.10	37.05	2.98	37.61	2.51	37.16	2.52	39.33
2.32	44.45	3.23	45.13	2.79	44.60	2.79	47.20
2.52	51.86	3.44	52.65	3.02	52.03	2.99	55.06
2.71	59.27	3.64	60.17	3.20	59.46	3.21	62.93
2.86	66.68	3.89	67.69	3.43	66.89	3.38	70.79
3.00	74.09	4.05	75.22	3.58	74.33	3.53	78.66
3.15	81.50	4.20	82.74	3.73	81.76	3.70	86.53
3.27	88.91	4.38	90.26	3.88	89.19	3.85	94.39
3.37	96.32	4.53	97.78	4.03	96.62	4.00	102.26
3.49	103.73	4.71	105.30	4.16	104.06	4.20	110.12
3.59	111.14	4.81	112.82	4.31	111.49	4.35	117.99
3.71	118.54	4.94	120.35	4.41	118.92	4.47	125.86
3.79	125.95	5.07	127.87	4.54	126.35	4.59	133.72
3.93	133.36	5.22	135.39	4.67	133.79	4.74	141.59
4.08	140.77	5.37	142.91	4.80	141.22	4.84	149.45
4.18	148.18	5.50	150.43	4.92	148.65	4.99	157.32
4.30	155.59	5.60	157.95	5.02	156.09	5.09	165.19
4.44	163.00	5.73	165.48	5.15	163.52	5.24	173.05
4.59	170.41	5.91	173.00	5.25	170.95	5.36	180.92
4.71	177.82	6.01	180.52	5.38	178.38	5.43	188.78
4.84	185.23	6.08	188.04	5.48	185.82	5.56	196.65
4.96	192.64	6.16	195.56	5.58	193.25	5.68	204.52
5.08	200.04	6.29	203.08	5.71	200.68	5.78	212.38
5.20	207.45	6.39	210.61	5.84	208.11	5.88	220.25
5.32	214.86	6.54	218.13	5.94	215.55	6.00	228.11
5.42	222.27	6.64	225.65	6.04	222.98	6.13	235.98
5.57	229.68	6.80	233.17	6.17	230.41	6.27	243.85
5.71	237.09	6.92	240.69	6.29	237.84	6.47	251.71
5.89	244.50	7.10	248.21	6.44	245.28	6.72	259.58
6.11	248.20	7.69	255.74	6.65	252.71	7.21	261.54
				6.85	256.43		

Tabla 92. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 1 (M10) para 28 días

MUESTRA 10	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00
0.66	7.48
1.37	14.95
1.91	22.43
2.37	29.90
2.70	37.38
2.98	44.85
3.23	52.33
3.44	59.80
3.77	67.28
4.07	74.75
4.25	82.23
4.43	89.71
4.56	97.18
4.71	104.66
4.86	112.13
4.96	119.61
5.09	127.08
5.22	134.56
5.34	142.03
5.47	149.51
5.60	156.99
5.70	164.46
5.83	171.94
5.93	179.41
6.06	186.89
6.16	194.36
6.29	201.84
6.41	209.31
6.54	216.79
6.67	224.26
6.82	231.74
6.97	239.22
7.13	246.69
7.51	248.56

Figura 25. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 1 (M6 a M10) para 28 días

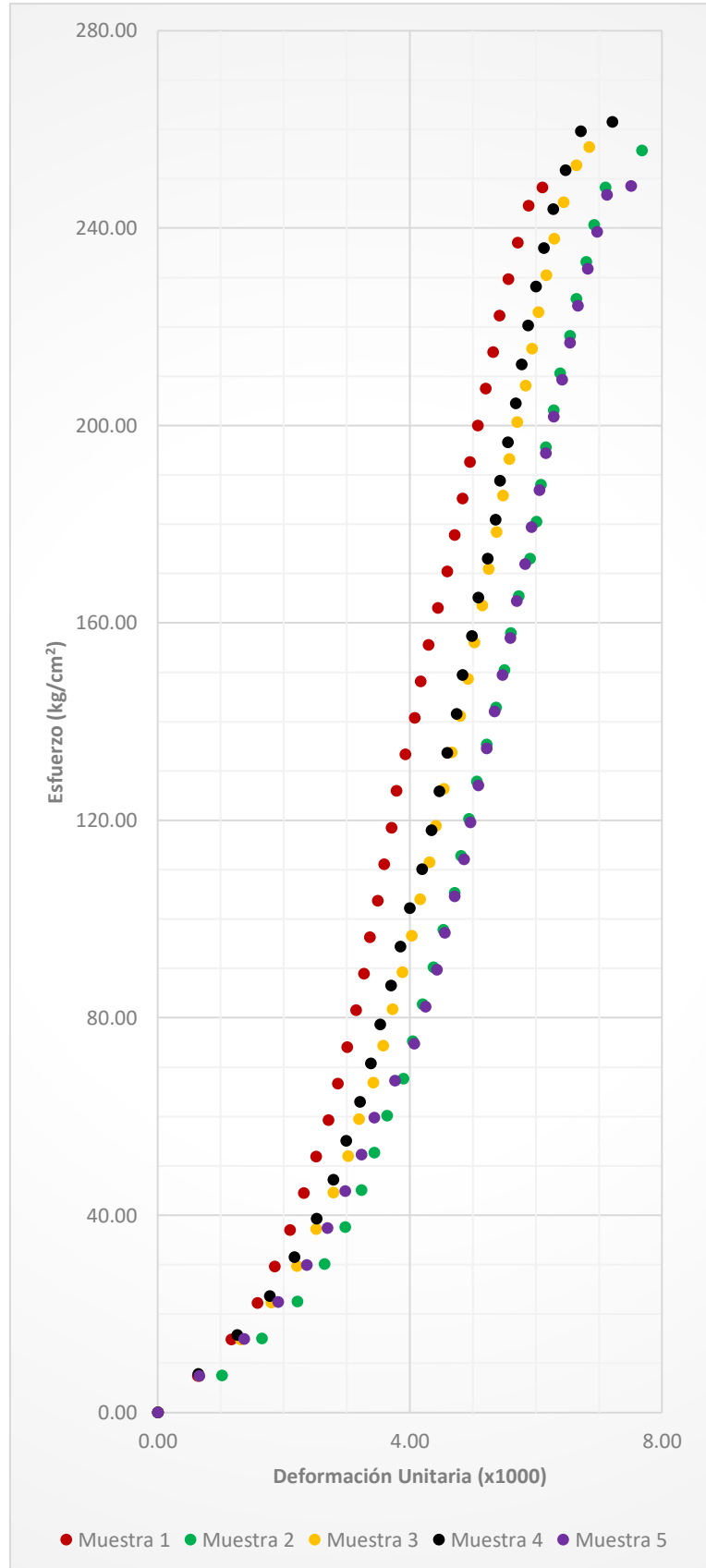


Tabla 93. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 2 (M1 a M4) para 28 días

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.43	11.39	0.53	11.21	1.38	11.23	2.10	11.43
3.16	22.77	2.44	22.41	3.59	22.46	4.09	22.86
4.56	34.16	3.70	33.62	4.87	33.70	5.39	34.29
5.69	45.54	4.88	44.82	5.92	44.93	6.42	45.71
6.49	56.93	5.64	56.03	6.74	56.16	7.32	57.14
7.29	68.31	6.44	67.23	7.47	67.39	8.05	68.57
8.05	79.70	7.06	78.44	8.09	78.63	8.75	80.00
8.69	91.08	7.52	89.65	8.62	89.86	9.48	91.43
9.28	102.47	8.09	100.85	9.08	101.09	9.98	102.86
9.75	113.85	8.55	112.06	9.61	112.32	10.45	114.28
10.18	125.24	8.98	123.26	10.10	123.56	10.98	125.71
10.82	136.62	9.34	134.47	10.46	134.79	11.51	137.14
11.35	148.01	9.70	145.67	10.76	146.02	11.81	148.57
11.78	159.39	10.03	156.88	11.12	157.25	12.28	160.00
12.15	170.78	10.33	168.09	11.45	168.48	12.61	171.43
12.51	182.16	10.63	179.29	11.74	179.72	12.95	182.85
12.95	193.55	10.96	190.50	12.07	190.95	13.24	194.28
13.34	204.93	11.25	201.70	12.37	202.18	13.54	205.71
13.71	216.32	11.39	212.91	12.66	213.41	13.88	217.14
14.01	227.71	11.82	224.11	12.89	224.65	14.14	228.57
14.34	239.09	12.15	235.32	13.19	235.88	14.41	240.00
14.74	250.48	12.38	246.53	13.52	247.11	14.68	251.42
15.14	261.86	12.67	257.73	13.78	258.34	15.01	262.85
15.47	273.25	13.00	268.94	14.14	269.57	15.34	274.28
16.17	280.12	13.30	280.14	14.51	280.81	15.67	285.71
		13.86	291.35	15.36	291.19	15.97	297.14
		14.22	291.78			16.67	300.95

Tabla 94. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 2 (M5) para 28 días

MUESTRA 5	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00
2.00	11.50
4.23	22.99
5.53	34.49
6.47	45.98
7.43	57.48
8.27	68.98
9.03	80.47
9.70	91.97
10.43	103.47
11.03	114.96
11.57	126.46
12.10	137.95
12.57	149.45
12.93	160.95
13.30	172.44
13.63	183.94
13.97	195.43
14.30	206.93
14.60	218.43
14.87	229.92
15.13	241.42
15.50	252.92
15.77	264.41
15.97	275.91
16.30	287.40
16.63	298.90
17.07	310.40
17.90	314.23

Figura 26. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 2 para 28 días

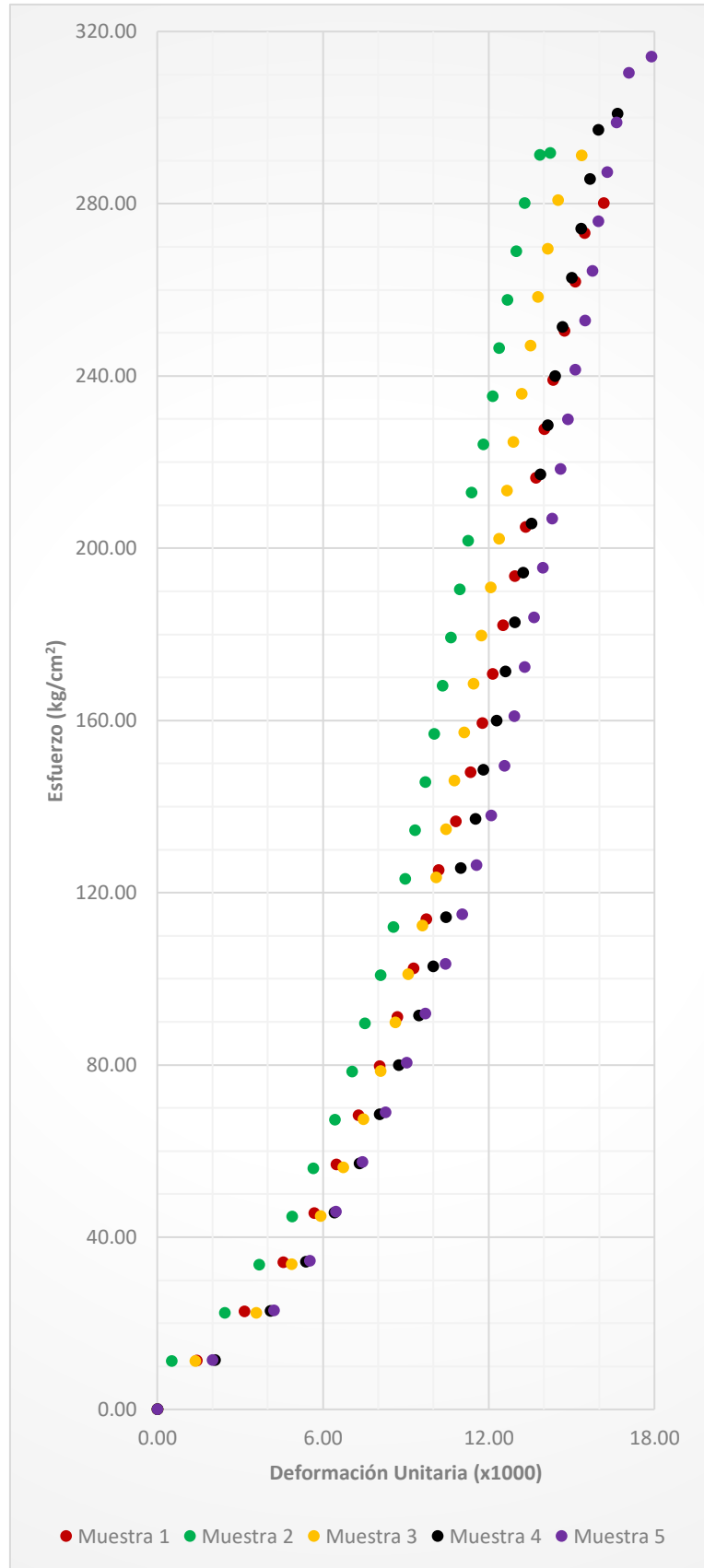


Tabla 95. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 3 (M1 a M4) para 28 días

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.09	11.05	1.16	11.21	0.87	11.38	1.10	11.26
2.07	22.09	2.36	22.42	1.90	22.75	2.06	22.51
2.70	33.14	3.12	33.63	2.57	34.13	2.90	33.77
3.39	44.19	3.82	44.84	3.10	45.51	3.53	45.02
3.85	55.23	4.32	56.05	3.60	56.88	4.06	56.28
4.24	66.28	4.72	67.25	4.00	68.26	4.53	67.53
4.57	77.33	5.05	78.46	4.30	79.64	4.86	78.79
4.84	88.37	5.35	89.67	4.63	91.01	5.16	90.04
5.10	99.42	5.65	100.88	4.90	102.39	5.46	101.30
5.33	110.47	5.98	112.09	5.17	113.77	5.76	112.55
5.56	121.51	6.18	123.30	5.43	125.14	5.99	123.81
5.79	132.56	6.41	134.51	5.70	136.52	6.26	135.06
5.99	143.60	6.61	145.72	5.90	147.90	6.49	146.32
6.18	154.65	6.84	156.93	6.13	159.27	6.72	157.57
6.45	165.70	7.04	168.14	6.37	170.65	6.89	168.83
6.71	176.74	7.21	179.35	6.57	182.03	7.09	180.09
6.88	187.79	7.38	190.55	6.80	193.41	7.25	191.34
7.04	198.84	7.57	201.76	7.00	204.78	7.42	202.60
7.20	209.88	7.77	212.97	7.23	216.16	7.65	213.85
7.40	220.93	7.94	224.18	7.43	227.54	7.82	225.11
7.57	231.98	8.14	235.39	7.63	238.91	8.02	236.36
7.76	243.02	8.34	246.60	7.83	250.29	8.22	247.62
7.93	254.07	8.54	257.81	8.03	261.67	8.42	258.87
8.13	265.12	8.77	269.02	8.27	273.04	8.65	270.13
8.36	276.16	9.07	280.23	8.53	284.42	8.92	281.38
8.65	287.21	10.10	291.44	8.87	295.80	9.12	292.64
9.84	298.26			9.83	301.48	9.52	303.89
						10.25	306.71

Tabla 96. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 3 (M5) para 28 días

MUESTRA 5	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00
0.66	11.04
1.28	22.08
1.88	33.12
2.37	44.17
2.80	55.21
3.19	66.25
3.49	77.29
3.75	88.33
3.98	99.37
4.21	110.41
4.41	121.46
4.57	132.50
4.77	143.54
4.97	154.58
5.13	165.62
5.30	176.66
5.46	187.70
5.66	198.75
5.86	209.79
6.05	220.83
6.25	231.87
6.45	242.91
6.68	253.95
6.91	264.99
7.11	276.04
7.40	287.08
8.45	298.12

Figura 27. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 3 para 28 días

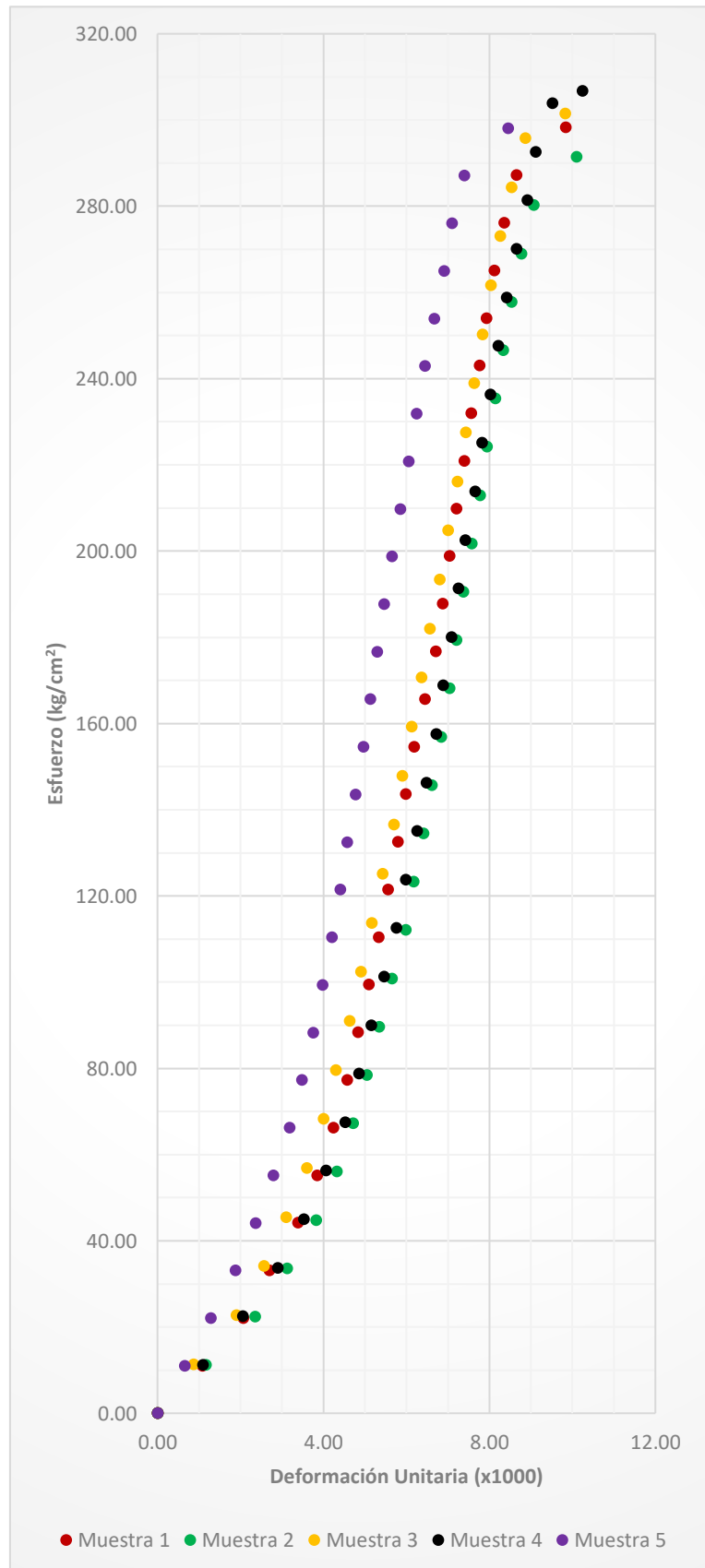


Tabla 97. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 4 (M1 a M4) para 28 días

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.96	11.24	1.37	11.36	1.40	11.49	0.82	11.22
2.84	22.48	3.47	22.71	3.63	22.98	2.23	22.45
4.16	33.73	4.63	34.07	5.30	34.47	3.64	33.67
5.12	44.97	5.73	45.42	6.17	45.96	4.72	44.90
5.97	56.21	6.57	56.78	7.10	57.45	5.44	56.12
6.67	67.45	7.33	68.14	7.83	68.94	6.07	67.35
7.26	78.69	7.93	79.49	8.67	80.43	6.62	78.57
7.72	89.94	8.50	90.85	9.37	91.92	7.18	89.80
8.22	101.18	9.07	102.20	10.07	103.41	7.70	101.02
8.65	112.42	9.63	113.56	10.67	114.90	8.13	112.25
9.04	123.66	10.20	124.92	11.23	126.39	8.46	123.47
9.54	134.90	10.53	136.27	11.70	137.88	8.89	134.70
9.93	146.14	10.97	147.63	12.10	149.37	9.28	145.92
10.26	157.39	11.30	158.98	12.50	160.86	9.64	157.15
10.53	168.63	11.67	170.34	12.87	172.35	9.90	168.37
10.86	179.87	12.07	181.69	13.30	183.84	10.36	179.60
11.12	191.11	12.40	193.05	13.67	195.33	10.72	190.82
11.39	202.35	12.67	204.41	13.97	206.82	11.02	202.05
11.72	213.60	13.03	215.76	14.30	218.31	11.34	213.27
11.98	224.84	13.37	227.12	14.53	229.80	11.67	224.50
12.24	236.08	13.67	238.47	14.97	241.29	11.90	235.72
12.54	247.32	14.00	249.83	15.33	252.78	12.23	246.95
13.00	258.56	14.37	261.19	15.63	264.27	12.66	258.17
13.40	269.81	14.90	264.70	16.40	269.38	13.08	269.40
14.16	275.80					13.44	270.76

Tabla 98. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 4 (M5) para 28 días

MUESTRA 5	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00
1.05	11.21
2.76	22.42
4.31	33.63
5.39	44.84
6.05	56.05
6.84	67.26
7.34	78.47
7.80	89.68
8.36	100.88
8.85	112.09
9.34	123.30
9.64	134.51
9.97	145.72
10.30	156.93
10.46	168.14
10.92	179.35
11.22	190.56
11.48	201.77
11.71	212.98
12.01	224.19
12.34	235.40
12.60	246.61
12.89	257.82
13.26	269.03
13.65	280.24
14.21	282.81

Figura 28. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 4 para 28 días

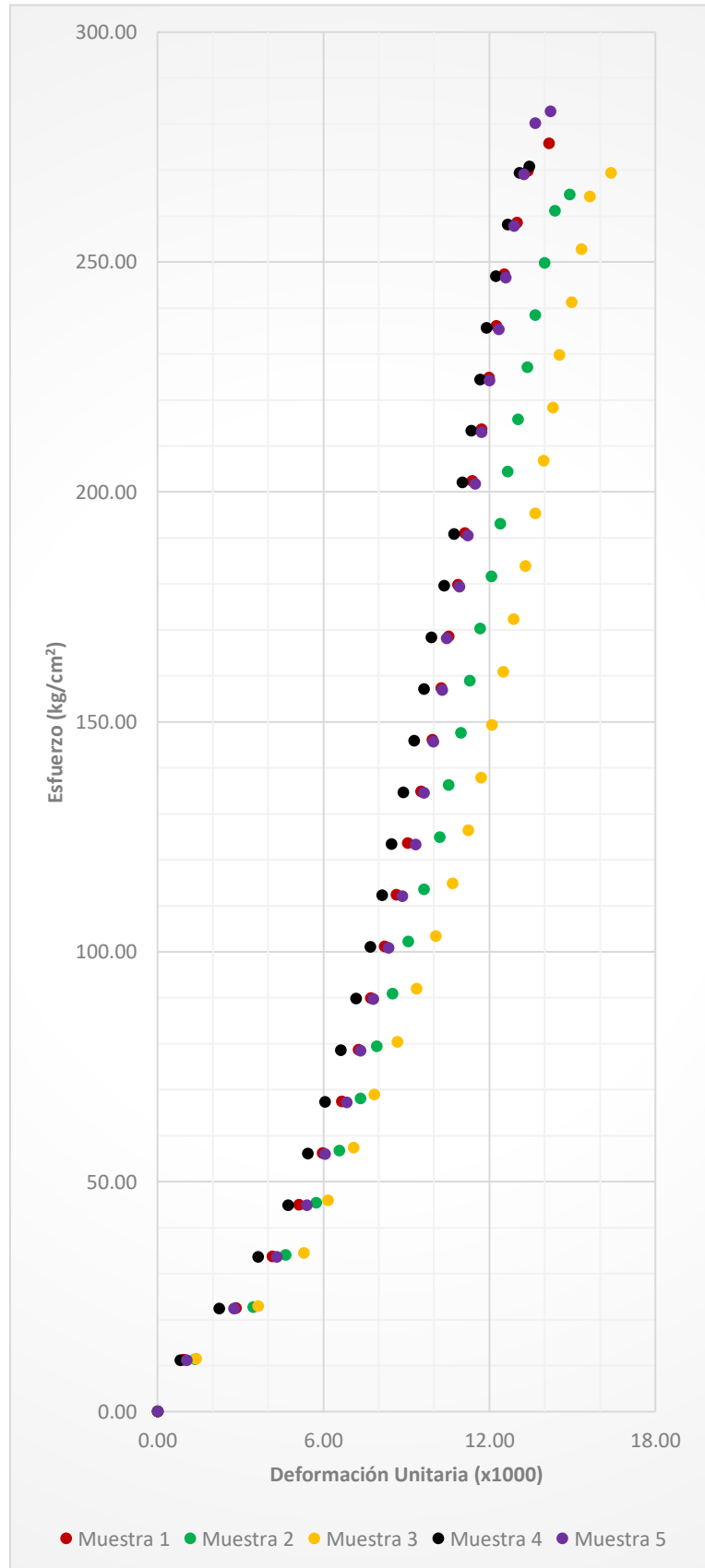


Tabla 99. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 5 (M1 a M4) para 28 días

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.29	11.25	0.77	11.30	0.76	10.91	0.53	11.00
2.35	22.50	1.57	22.60	1.52	21.82	1.12	22.00
3.08	33.75	2.17	33.90	2.05	32.74	1.62	33.00
3.71	45.01	2.63	45.20	2.48	43.65	2.05	44.00
4.08	56.26	3.07	56.51	2.84	54.56	2.34	55.00
4.41	67.51	3.50	67.81	3.14	65.47	2.61	66.00
4.78	78.76	3.93	79.11	3.40	76.39	2.87	77.01
5.07	90.01	4.23	90.41	3.67	87.30	3.07	88.01
5.37	101.26	4.50	101.71	3.83	98.21	3.30	99.01
5.64	112.52	4.73	113.01	4.00	109.12	3.60	110.01
5.90	123.77	5.00	124.31	4.17	120.04	3.89	121.01
6.14	135.02	5.17	135.61	4.33	130.95	4.16	132.01
6.37	146.27	5.37	146.91	4.53	141.86	4.32	143.01
6.57	157.52	5.60	158.22	4.73	152.77	4.46	154.01
6.80	168.77	5.80	169.52	4.86	163.69	4.59	165.01
7.00	180.03	6.00	180.82	5.02	174.60	4.75	176.01
7.20	191.28	6.20	192.12	5.19	185.51	4.92	187.01
7.40	202.53	6.40	203.42	5.39	196.42	5.08	198.01
7.63	213.78	6.60	214.72	5.59	207.34	5.25	209.02
7.83	225.03	6.83	226.02	5.82	218.25	5.41	220.02
8.06	236.28	7.07	237.32	6.02	229.16	5.58	231.02
8.33	247.53	7.30	248.62	6.25	240.07	5.78	242.02
8.62	258.79	7.57	259.93	6.55	250.99	5.94	253.02
9.45	264.41	8.13	265.58	7.50	259.17	6.17	264.02
						6.40	275.02
						6.67	286.02
						7.66	297.02

Tabla 100. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 5 (M5) para 28 días

MUESTRA 5	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00
0.80	11.16
1.63	22.32
2.23	33.48
2.76	44.64
3.16	55.80
3.59	66.96
3.89	78.12
4.22	89.28
4.49	100.43
4.72	111.59
4.95	122.75
5.18	133.91
5.38	145.07
5.61	156.23
5.81	167.39
6.01	178.55
6.18	189.71
6.41	200.87
6.58	212.03
6.78	223.19
6.98	234.35
7.18	245.51
7.38	256.67
7.57	267.83
7.81	278.99
8.04	290.14
8.37	301.30
9.27	306.88

Figura 29. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 5 para 28 días

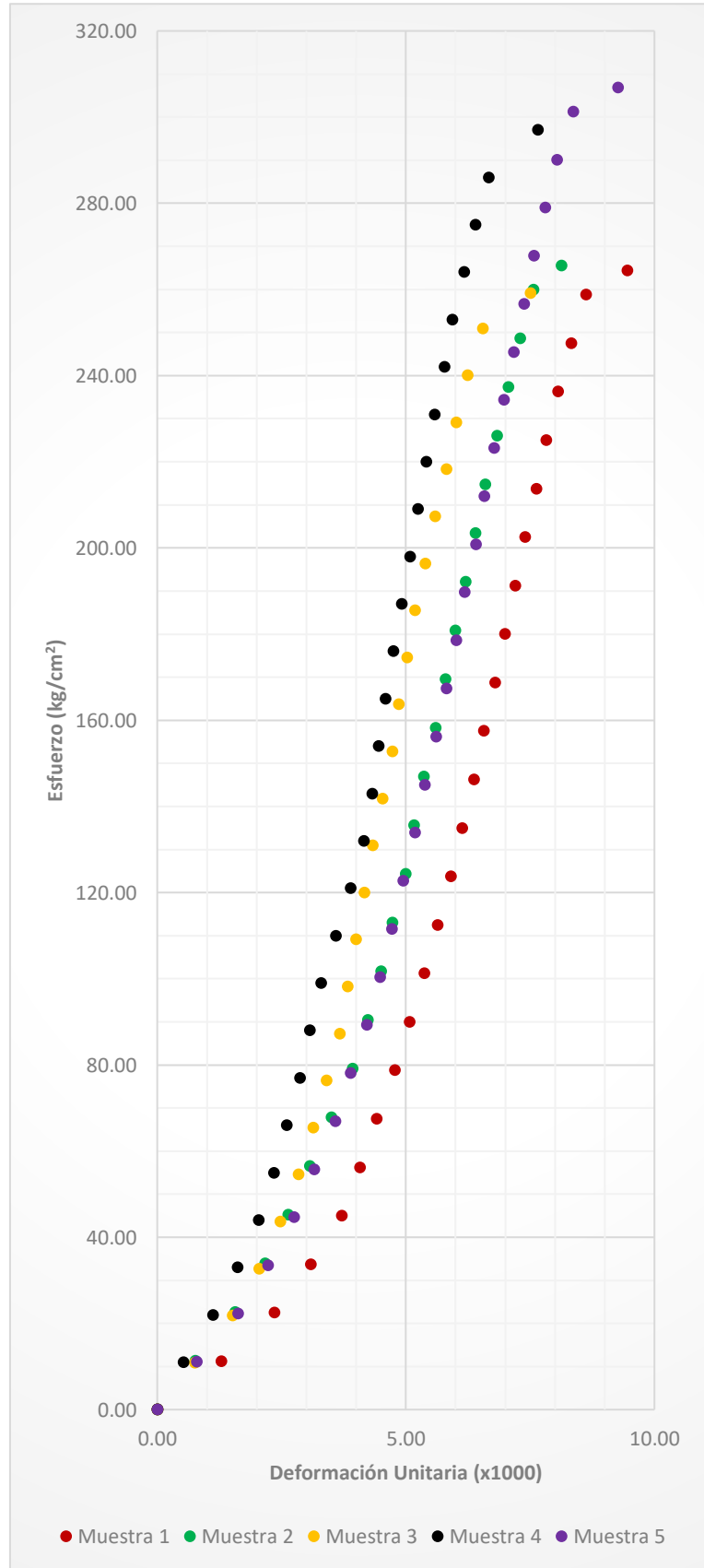


Tabla 101. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 6 (M1 a M4) para 28 días

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.74	11.20	1.00	11.10	0.72	10.99	0.67	11.22
1.57	22.40	2.11	22.21	1.38	21.98	1.60	22.45
2.18	33.60	2.78	33.31	1.85	32.97	2.13	33.67
2.71	44.80	3.41	44.41	2.27	43.97	2.67	44.90
3.22	56.00	3.85	55.51	2.60	54.96	3.07	56.12
3.58	67.20	4.28	66.62	2.90	65.95	3.47	67.34
3.92	78.40	4.75	77.72	3.10	76.94	3.80	78.57
4.22	89.60	4.95	88.82	3.36	87.93	4.07	89.79
4.49	100.79	5.22	99.92	3.49	98.92	4.33	101.02
4.72	111.99	5.48	111.03	3.66	109.91	4.60	112.24
4.96	123.19	5.75	122.13	3.82	120.91	4.80	123.46
5.16	134.39	5.95	133.23	3.99	131.90	5.00	134.69
5.39	145.59	6.19	144.34	4.15	142.89	5.20	145.91
5.63	156.79	6.42	155.44	4.32	153.88	5.40	157.14
5.83	167.99	6.56	166.54	4.55	164.87	5.60	168.36
6.03	179.19	6.76	177.64	4.78	175.86	5.80	179.58
6.26	190.39	6.96	188.75	5.11	186.85	6.03	190.81
6.47	201.59	7.16	199.85	5.44	197.85	6.27	202.03
6.67	212.79	7.32	210.95	5.63	208.84	6.43	213.26
6.87	223.99	7.53	222.05	5.80	219.83	6.67	224.48
7.10	235.19	7.73	233.16	5.93	230.82	6.90	235.70
7.30	246.39	7.93	244.26	6.16	241.81	7.13	246.93
7.57	257.59	8.13	255.36	6.39	252.80	7.37	258.15
7.84	268.79	8.36	266.47	6.69	263.79	7.67	269.37
8.21	279.99	8.70	277.57	7.02	274.79	8.60	274.99
9.21	285.58	9.43	283.12	7.78	277.53		

Tabla 102. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 6 (M5) para 28 días

MUESTRA 5	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00
1.47	11.11
2.47	22.22
3.23	33.33
3.87	44.44
4.30	55.55
4.67	66.66
4.97	77.77
5.27	88.88
5.63	99.99
5.73	111.10
6.17	122.21
6.40	133.32
6.60	144.43
6.83	155.54
7.07	166.65
7.23	177.76
7.47	188.87
7.67	199.98
7.87	211.09
8.03	222.20
8.23	233.31
8.47	244.42
8.67	255.53
8.97	266.64
9.30	277.75
10.07	283.31

Figura 30. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 6 para 28 días

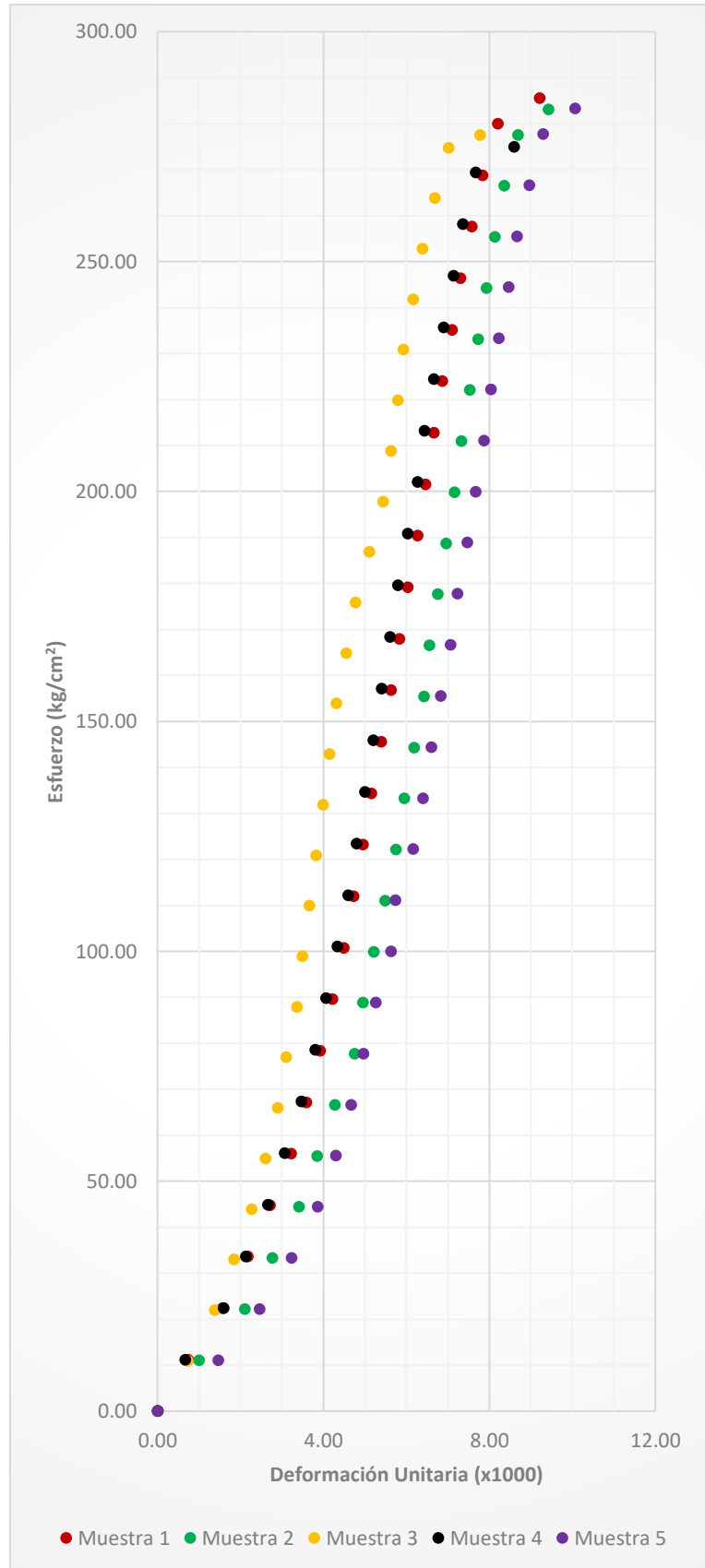


Tabla 103. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 7 (M1 a M4) para 28 días

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.63	11.35	0.82	11.22	1.02	11.17	1.93	11.42
3.70	22.70	2.50	22.44	3.04	22.35	4.07	22.85
5.03	34.05	3.79	33.66	4.49	33.52	5.40	34.27
6.03	45.40	4.81	44.88	5.51	44.70	6.53	45.69
7.00	56.75	5.57	56.10	6.27	55.87	7.57	57.12
7.63	68.10	6.23	67.32	6.80	67.04	8.33	68.54
8.40	79.45	6.79	78.54	7.29	78.22	8.93	79.96
9.03	90.81	7.35	89.76	7.99	89.39	9.57	91.38
9.53	102.16	7.74	100.98	8.35	100.57	10.20	102.81
10.07	113.51	8.17	112.20	8.75	111.74	10.70	114.23
10.63	124.86	8.60	123.43	9.21	122.92	11.17	125.65
11.13	136.21	9.00	134.65	9.47	134.09	11.50	137.08
11.47	147.56	9.32	145.87	9.97	145.26	12.00	148.50
11.80	158.91	9.59	157.09	10.23	156.44	12.37	159.92
12.20	170.26	9.88	168.31	10.56	167.61	12.73	171.35
12.57	181.61	10.21	179.53	10.83	178.79	13.07	182.77
12.90	192.96	10.41	190.75	11.12	189.96	13.47	194.19
13.23	204.31	10.84	201.97	11.39	201.13	13.73	205.62
13.43	215.66	11.17	213.19	11.72	212.31	14.03	217.04
13.87	227.01	11.43	224.41	11.98	223.48	14.30	228.46
14.20	238.36	11.70	235.63	12.21	234.66	14.60	239.88
14.50	249.71	12.03	246.85	12.57	245.83	14.93	251.31
14.80	261.07	12.36	258.07	12.77	257.01	15.30	262.73
15.13	272.42	12.75	269.29	13.23	268.18	15.83	274.15
16.00	283.56	13.18	280.51	13.86	274.61	16.50	276.39
		13.90	284.80				

Tabla 104. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 7 (M5) para 28 días

MUESTRA 5	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00
1.47	11.36
3.50	22.71
5.07	34.07
6.13	45.42
7.23	56.78
8.00	68.13
8.67	79.49
9.20	90.84
9.83	102.20
10.37	113.55
10.90	124.91
11.27	136.26
11.70	147.62
12.07	158.97
12.47	170.33
12.83	181.68
13.17	193.04
13.43	204.39
13.87	215.75
14.17	227.10
14.47	238.46
14.77	249.81
15.07	261.17
15.33	272.52
16.40	281.93

Figura 31. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 7 para 28 días

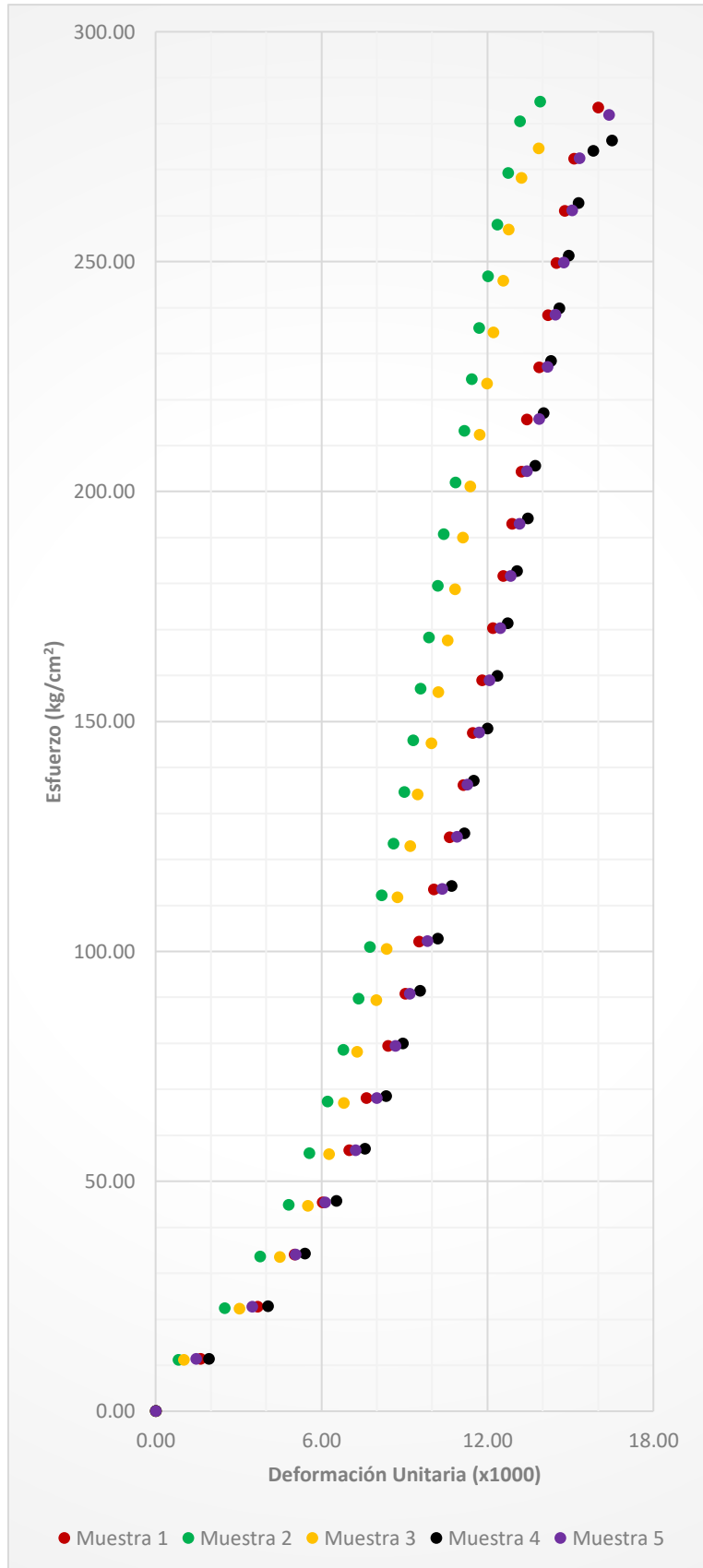


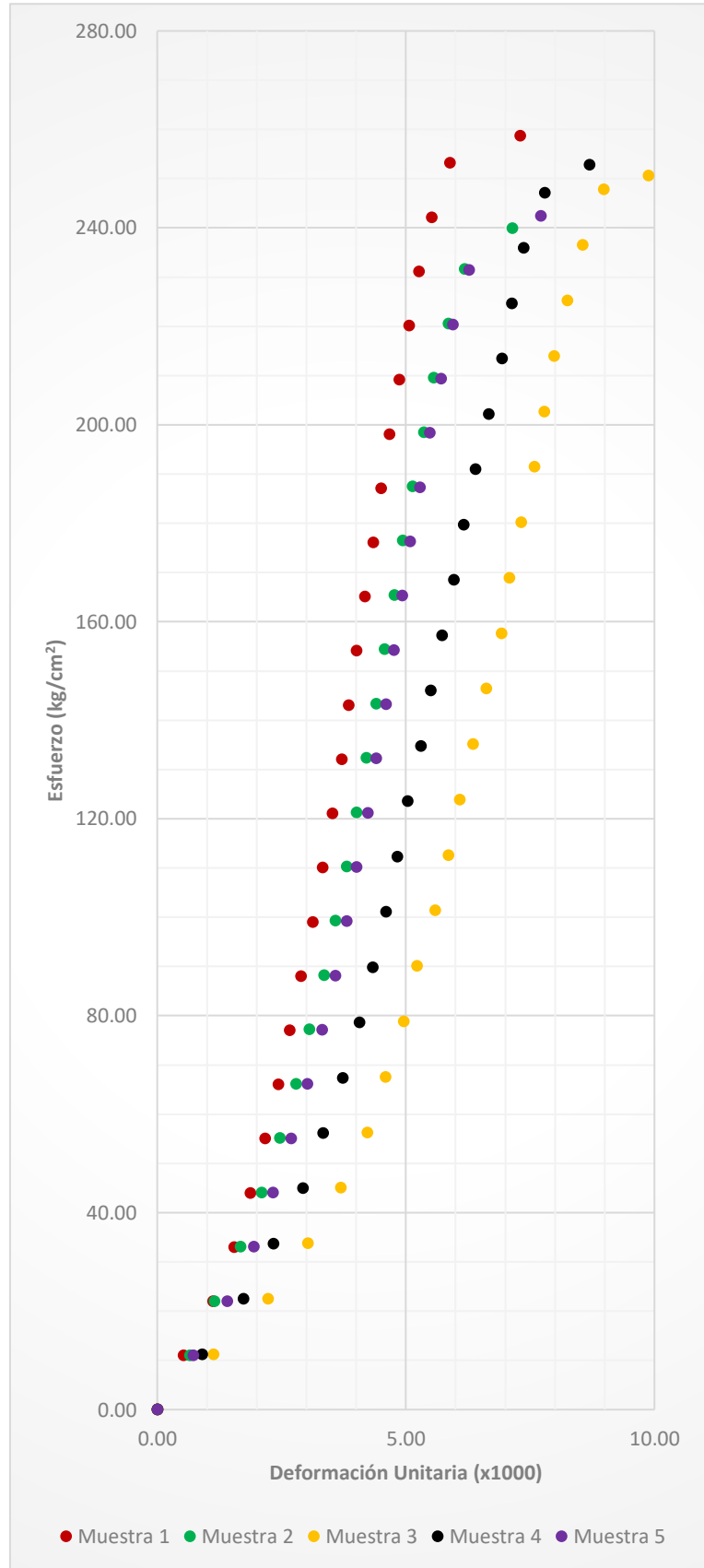
Tabla 105. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 8 (M1 a M4) para 28 días

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.53	11.01	0.66	11.03	1.13	11.26	0.90	11.24
1.12	22.02	1.15	22.06	2.23	22.53	1.73	22.47
1.55	33.02	1.68	33.09	3.03	33.79	2.33	33.71
1.88	44.03	2.11	44.12	3.69	45.05	2.93	44.94
2.17	55.04	2.47	55.15	4.23	56.32	3.33	56.18
2.43	66.05	2.80	66.18	4.59	67.58	3.73	67.41
2.66	77.06	3.06	77.21	4.96	78.84	4.07	78.65
2.89	88.06	3.36	88.24	5.22	90.11	4.33	89.88
3.13	99.07	3.59	99.27	5.59	101.37	4.60	101.12
3.32	110.08	3.82	110.31	5.86	112.64	4.83	112.35
3.52	121.09	4.01	121.34	6.09	123.90	5.03	123.59
3.72	132.10	4.21	132.37	6.36	135.16	5.30	134.82
3.85	143.10	4.41	143.40	6.62	146.43	5.50	146.06
4.01	154.11	4.57	154.43	6.92	157.69	5.73	157.29
4.18	165.12	4.77	165.46	7.09	168.95	5.97	168.53
4.34	176.13	4.93	176.49	7.32	180.22	6.17	179.76
4.51	187.14	5.13	187.52	7.59	191.48	6.40	191.00
4.67	198.14	5.36	198.55	7.79	202.74	6.67	202.23
4.87	209.15	5.56	209.58	7.99	214.01	6.93	213.47
5.07	220.16	5.86	220.61	8.25	225.27	7.13	224.70
5.26	231.17	6.18	231.64	8.55	236.53	7.37	235.94
5.53	242.18	7.14	239.91	8.99	247.80	7.80	247.17
5.89	253.19			9.88	250.61	8.70	252.79
7.30	258.69						

Tabla 106. Esfuerzo vs. Deformación del Grupo 8 (M5) para 28 días

MUESTRA 5	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm ²)
0.00	0.00
0.72	11.02
1.41	22.04
1.94	33.06
2.33	44.08
2.69	55.10
3.02	66.12
3.32	77.14
3.58	88.16
3.81	99.18
4.01	110.20
4.24	121.22
4.40	132.24
4.60	143.26
4.76	154.27
4.93	165.29
5.09	176.31
5.29	187.33
5.48	198.35
5.71	209.37
5.94	220.39
6.27	231.41
7.72	242.43

Figura 32. Gráfica de Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Grupo 8 para 28 días



APÉNDICE F. Fotos del proceso para el desarrollo de la tesis

Figura 33. Tamizado del agregado grueso para obtener el tamaño de 3/8", con la presencia del ingeniero asesor.



Figura 34. Pesado de los agregados para determinar el contenido de humedad



Figura 35. Ensayo para determinar el peso volumétrico de los agregados



Figura 36. Ensayo para determinar el peso específico del agregado fino

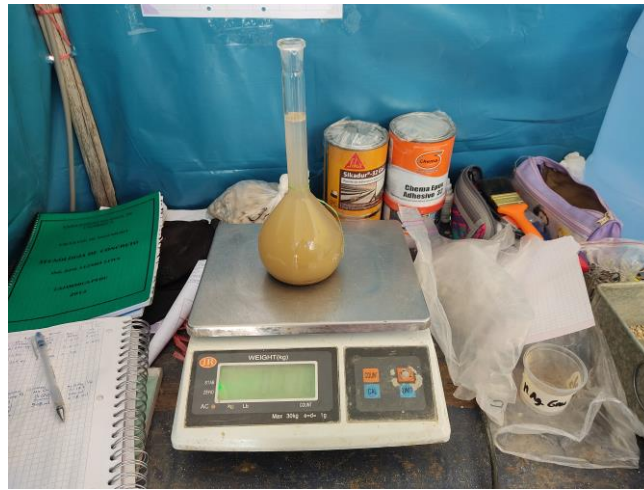


Figura 37. Llenado de concreto seco predosificado a 7 días, con la presencia del ingeniero asesor



Figura 38. Llenado de concreto seco predosificado a 14 días



Figura 39. Llenado de concreto seco predosificado a 28 días, con la presencia del ingeniero asesor



Figura 40. Curado de probetas de concreto



Figura 41. Secado de probetas de concreto antes de ser ensayadas



Figura 42. Probetas de concreto del grupo 1

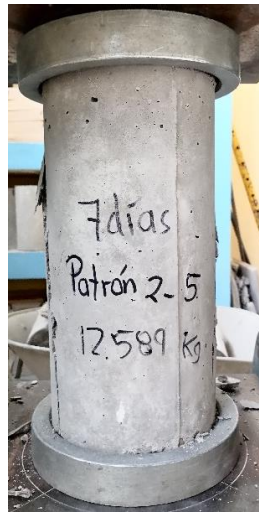


Figura 43. Probetas de concreto del grupo 2



Figura 44. Probetas de concreto del grupo 3



Figura 45. Probetas de concreto del grupo 4

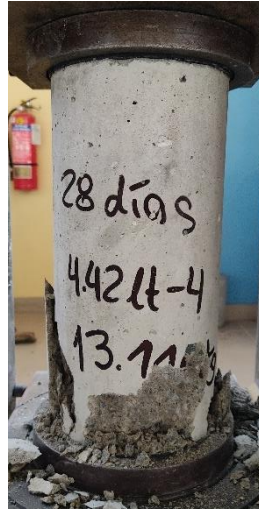


Figura 46. Probetas de concreto del grupo 5



Figura 47. Probetas de concreto del grupo 6



Figura 48. Probetas de concreto del grupo 7



Figura 49. Probetas de concreto del grupo 8

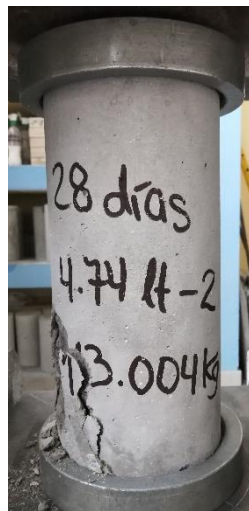


Figura 50. Toma de medidas de las probetas de concreto



Figura 51. Ensayo a compresión de concreto a 7 días de curado, con la presencia del ingeniero asesor



Figura 52. Ensayo a compresión de concreto a 14 días de curado, con la presencia del ingeniero asesor



Figura 53. Ensayo a compresión de concreto a 28 días de curado, con la presencia del ingeniero asesor



Figura 54. Probetas de concreto ensayadas a diferentes edades



Figura 55. Secado de agregado para concreto seco predosificado en laboratorio



Figura 56. Elaboración del concreto seco predosificado en laboratorio



Figura 57. Llenado de concreto seco predosificado elaborado en laboratorio a 7 días



Figura 58. Ensayo a compresión de concreto seco predosificado en laboratorio a 7 días, con la presencia del ingeniero asesor



ANEXOS

ANEXO 1. Ficha Técnica del Cemento Pacasmayo Portland Tipo I



DESCRIPCIÓN

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

ATRIBUTOS

Altas resistencias a todas las edades

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

PRESENTACIONES



*En cumplimiento de la Norma Metroológica Peruana (NMP 002:2018)

RECOMENDACIONES DE USO



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



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

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

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

Aplicación	Resistencia (f'c)	Cemento	Arena limpia	Piedra de tamaño máximo 19 mm	Agua
Losas aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

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

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- 1 Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.
- 2 Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.
- 3 Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.
- 4 Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- 5 Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- 6 Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo.
- 7 Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado.





¿QUÉ ES EL ECOSACO?

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

BENEFICIOS DE USAR ECOSACO

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

CÓMO USAR EL ECOSACO EN 5 MINUTOS

- AGREGA** la mitad de la proporción de agua (A) y luego introduce el EcoSaco (sin abrir) directo a un trompo de al menos 340 litros.
- AÑADE** el total de los áridos: piedra (B) y arena (C) en el trompo, según el diseño de concreto.
- AJUSTA** la mezcla añadiendo el resto de la proporción de agua y asegura que toda la bolsa esté incorporada en la mezcla para lograr una correcta integración.
- MEZCLA** hasta tener un resultado homogéneo y con la fluidez buscada.

ESCALA DE EMISIONES DE CARBONO

	Factor Clinker	Emisiones
Bajo	hasta 70%	500 a 700 Kg CO2 eq
Medio	71% a 88%	701 a 800 Kg CO2 eq
Alto	89% a 100%	801 Kg CO2 eq a más

*Tipo I se encuentra en el rango alto en emisiones de carbono según el informe de auditoría realizado por Ecoamet 2022.

*Los resultados presentados corresponden por tonelada (TN) de cemento.

CERTIFICACIÓN EN CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPREMO N° 001-2022-PRODUCE

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

Empresa Certificadora:

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



NTP 334.009
ASTM C-150
Cemento Portland



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

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

1 2 3 4 5

*Tipos de esquema de certificación

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

CERTIFICACIONES DE LA COMPAÑÍA



También miembros de **gbc** ^{pe}



Cemento Tipo I

Cemento Portland de uso general Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	1.8
SO ₃	Máximo	3.00	%	NTP 334.086	2.72
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	2.7
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire en mortero	Máximo	12	%	NTP 334.048	8
Finura					
Superficie específica	Mínimo	260	m ² /kg	NTP 334.002	389
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.08
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	27.5 (3980)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	33.0 (4790)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	40.1 (5810)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	129
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	250
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.007

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

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

Pacasmayo

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



ANEXO 2. Ficha Técnica del Concreto Seco Embolsado Predosificado – Rapimix

Pacasmayo



Descripción

El **concreto seco embolsado** es una mezcla predosificada de cemento, agregados y aditivo en polvo, sólo requiere la adición de agua indicada en la tabla 1 de este documento y un mezclado manual o mecánico para ser usado de forma inmediata

Materiales

Cemento:

De procedencia del grupo Pacasmayo, considerando los siguientes tipos:

Cemento Tipo MS, elaborado conforme a ASTM C1157 / NTP 334.082.

Cemento Tipo I y **Cemento Tipo V**, elaborado conforme a ASTM C150 / NTP 334.009.

Agregado grueso y agregado fino:

En base al cumplimiento con la norma ASTM C33 / NTP 400.037 y con gradación global controlada para una mejor performance en la aplicación en obra.



CONCRETO SECO



Aditivos:

Cumplen con los requisitos de desempeño y los requisitos de uniformidad y equivalencia de la NTP 334.088 / ASTM C494.

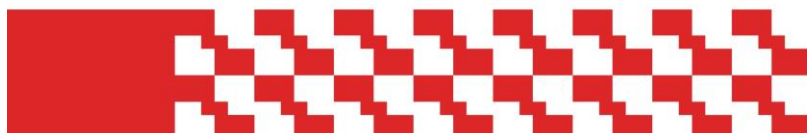
Características de concreto seco embolsado

Característica / Ensayo	Requisito		Norma de Referencia	Norma de Ensayo
CEMENTO	TIPO MS		ASTM C1157 / NTP 334.082	Indicadas en las normas de referencia
	TIPO I y V		ASTM C150 / NTP 334.009	
AGREGADOS	Conformes a NTP 400.037		NTP 400.037 o ASTM C33	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN) AGREGADO GRUESO	Huso	Tamaño Máximo Nominal (TMN)	NTP 400.037	NTP 400.012
	8	3/8		
ASENTAMIENTO (SLUMP)	(4 a 9 pulgadas) Ver tabla 1 en ficha técnica. Para asentamientos menores añadir menos agua que la especificada en la tabla 1.		Requerimiento del cliente	NTP 339.035
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'c) A 28 DIAS	175 kg/cm ² 210 kg/cm ² 280 kg/cm ² 350 kg/cm ²		Requerimiento del cliente	NTP. 339.034
RENDIMIENTO POR BOLSA	Peso por bolsa	40 kg	Informativo	Informativo
	Volumen por bolsa	0.019m ³		
	bolsa/m ³	53 ± 1		

Modo de Empleo

Preparar, el lugar donde se vaciará el producto, verificar limpieza y ubicación de los aceros de refuerzo y el recubrimiento, así como la limpieza y el ajuste correcto de los encofrados o bases que recibirán el concreto.

Agregar, entre el 80 y 90% del agua recomendada que se encuentra en la tabla 1 a un recipiente limpio y seco.



Pacasmayo 

CONCRETO SECO



Tabla 1. Cantidad máxima de agua por bolsa de 40 kg de concreto seco

f'c kg/cm ²	Asentamiento Requerido	Cantidad de agua (Litros ± 0.15) / bolsa de 40 kg		
		Tipo I	Tipo MS(MH)	Tipo V
100	7 ± 1 ½ pulg.	4.50	4.75	4.50
210		4.50	4.75	4.50
280		4.50	4.75	4.50
350		4.50	4.75	4.50

Nota: Se recomienda que se añada solo la cantidad de agua indicada en la tabla 1. El uso de agua adicional tendrá un impacto negativo en la resistencia y otras propiedades del producto. No añadir otros materiales como agregados, cemento, aditivos u otros que puedan afectar el desempeño posterior del concreto.

En caso la adición de agua sea mediante un flujómetro, éste debe ser calibrado previamente.

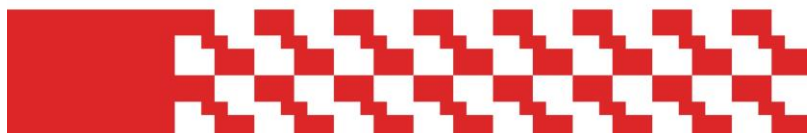
Mezclar con mezcladora o manualmente hasta obtener un material homogéneo. El ajuste de la consistencia del concreto se puede realizar con el 10% y 20% de agua restante o agregando más bolsa de concreto seco a la tanda. Una vez abierta la bolsa, utilizar en su totalidad el producto.

Colocar el concreto en capas no mayores a 50 cm. y compactar cada capa empleando un método que garantice la ocupación total de los espacios y la ausencia de cangrejeras. No vibrar las varillas de refuerzo y evitar caídas de gran altura.

Curar de manera oportuna y eficiente para prevenir fisuras y defectos superficiales, recomendable por al menos los primeros 7 días.

Aplicaciones

- **f'c = 175 kg/cm²:** Veredas, pisos, losas aligeradas, muros de contención, solados, elementos arquitectónicos, y otras estructuras que requieran esta resistencia.
- **f'c = 210 kg/cm²:** Cimentaciones, columnas, vigas, losas sobre terreno, macizas y aligeradas, muros de contención, placas, pavimentos o parches, elementos arquitectónicos y otras estructuras que requieran esta resistencia.
- **f'c = 280 kg/cm²:** Cimentaciones, columnas, vigas, losas sobre terreno, macizas y aligeradas, muros de contención, placas, pavimentos o parches, elementos arquitectónicos y otras estructuras que requieran mayor resistencia, menor permeabilidad y mayor durabilidad.



Pacasmayo 

CONCRETO SECO



• **f'c = 350 kg/cm2:** Cimentaciones, columnas, vigas, losas sobre terreno, macizas y aligeradas, muros de contención, placas, pavimentos o parches, elementos arquitectónicos y otras estructuras que requieran mayor resistencia, menor permeabilidad y mayor durabilidad.

El cliente puede usar el CONCRETO SECO EMBOLSADO en otros elementos de concreto armado o simple según como su especialista lo defina.

☐ Ventajas



Calidad: El concreto seco embolsado se fabrica bajo un sistema de Gestión de Calidad que contempla un programa de aseguramiento y control de calidad de las materias primas, producto en procesos, con lo que se garantiza la entrega de un concreto seco conforme.



Economía: Mínimos desperdicios en obra, vaciado más rápido y eficiente frente al sistema tradicional.



Fácil transporte y aplicación: Facilita el transporte a lugares de difícil acceso y su aplicación en obra.



Optimiza tiempos: Aumenta la velocidad en obra y disminuye el requerimiento de personal.



Dosificación automatizada: Que garantiza la exactitud de la medición de cada material y el cumplimiento con la resistencia.



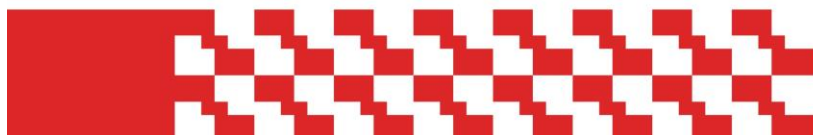
Resistencia garantizada: Resistencia verificada mediante ensayos de resistencia automatizados. Se controla el desarrollo de la resistencia a distintas edades y se verifica conformidad a los 28 días.



Limpieza: Se eliminan los desperdicios y contaminación de materiales que ocurren en obra con el sistema tradicional.



Certificado de calidad: Con trazabilidad a cada lote de producción.



Pacasmayo 

CONCRETO SECO



Recomendaciones de Uso

Almacenamiento, Las bolsas de concreto seco embolsado deben ser almacenadas protegidas en todo momento de la humedad y de la intemperie, en un ambiente con techo impermeable y sobre una cama conformada por parihuelas y una lámina impermeable.

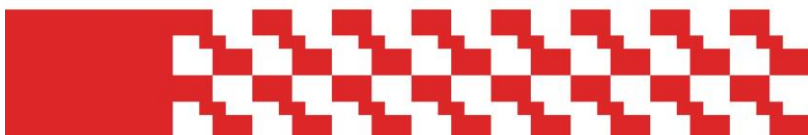
- Las bolsas de concreto seco embolsado no se deben apilar en más de 14 bolsas de altura.
- Con este almacenamiento el producto puede ser utilizado antes de los 30 días **(60 días en caso de empaque con film)** desde la fecha de producción; posterior a este periodo se debe evaluar su uso.

Equipos y herramientas, limpios y sin sustancia o material adheridos que puedan contaminar la mezcla.

Para la compactación, vibrar por capas, ingresar 15 cm en capa anterior, controlar el tiempo de vibrado, no vibrar en exceso, emplear personal capacitado.

Para el curado, iniciar el curado antes de que la superficie del concreto empiece a perder su brillo, evitar la pérdida de humedad, curar por lo menos 7 días.

Para el desencofrado, elementos verticales se puede desencofrar a las 24 horas, y elementos horizontales (losas, vigas, etc.) se desencofrará cuando el concreto haya llegado mínimo al 75% de la resistencia a la compresión de probetas elaboradas y curadas en condiciones de obra o cuando el especialista lo recomiende.



Pacasmayo 

ANEXO 3. Constancia de Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales



El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

CONSTANCIA

Al Bach. CHRISTIAN RUDY GARCÍA VERGARA, Exalumno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, que ha realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales "Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz" las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo Contenido de humedad
02	Ensayo Análisis granulométrico
03	Ensayo Peso unitario suelto y compactado
04	Ensayo Peso específico
05	Ensayo de absorción
06	Elaboración de especímenes cilíndricos de concreto
07	Ensayo a compresión muestras cilíndricas

Para la Tesis Titulada: "VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO SECO PREDOSIFICADO A $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$, USANDO DIFERENTES CANTIDADES DE AGUA EN COMPARACIÓN CON EL CONCRETO TRADICIONAL".
Mencionadas actividades se desarrollaron del 08 de febrero del 2024 al 05 de abril del 2024.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 03 de mayo de 2024.

Atentamente:

c.c. a:
_Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Centeno Vargas
JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES