

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



**“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
F'C= 280 KG/CM<sup>2</sup>, UTILIZANDO DIFERENTES EPÓXICOS ADHERENTES  
EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN USUALES EN COMPARACIÓN CON EL  
CONCRETO TRADICIONAL”**

**TESIS**

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

**AUTOR:**

Bach. MERCADO ROMERO, Jhony Edwin

**ASESOR:**

M.Cs. Ing. MINCHÁN PAJARES, Manuel Lincoln

CAJAMARCA – PERÚ

2024

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: Bach. MERCADO ROMERO, Jhony Edwin  
DNI: 26685766  
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  $F'C = 280 \text{ KG/CM}^2$ ,  
UTILIZANDO DIFERENTES EPÓXICOS ADHERENTES EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN  
USUALES 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: 6%
9. Código Documento: oid:3117:365585649
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 10/07/2024



FIRMA DEL ASESOR

Nombre: MINCHÁN PAJARES, Manuel Lincoln  
DNI: 26704942



Firmado digitalmente por:  
FERNANDEZ LEON Yvonne  
Katherine FAU 20148258601 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 10/07/2024 22:01:18-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

COPYRIGHT © 2024 by  
JHONY EDWIN MERCADO ROMERO  
Todos los derechos reservados

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares, mejor amigo, compañero y asesor, sin el cual no habría sido posible la creación de esta tesis, debido al aporte intelectual de su conocimiento, a su liderazgo, entrega, empeño y al apoyo moral con el que me encaminó a la culminación de la presente investigación.

A los buenos amigos y compañeros de la facultad de ingeniería, Christian Rudy García Vergara y Betzy Helen Minchán Zavaleta, por su valiosa ayuda durante todo el proceso de la elaboración de este documento.

A todos los docentes que participaron en mi formación académica y a cada una de las personas que de una u otra forma aportaron para lograr este objetivo académico.

## **DEDICATORIA**

Al Padre, Dios de Abraham, Isaac, Jacob y nuestro.

A mis tres madres: Jesús Victoria Romero Atalaya, Ma Filomena Romero Atalaya y Luz Emérita Atalaya Gonzales.

A mi amado hijo, Cristopher Andy Mercado Mercado, por ser el motor y mi razón de vivir.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN .....	1
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 .....	6
1.6. ALCANCES Y DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.7. LIMITACIONES .....	8
1.8. OBJETIVOS .....	9
1.9. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO .....	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
2.2. BASES TEÓRICAS .....	14
2.3. FRECUENCIA DE LOS ENSAYOS .....	36
2.4. NORMAS ASTM .....	37
2.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	41
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.1. UBICACIÓN DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN .....	43

3.2. MATERIALES .....	44
3.3. METODOLOGÍA.....	45
3.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO .....	45
3.5. MUESTRA .....	46
3.6. UNIDAD DE OBSERVACIÓN.....	48
3.7. PROCEDIMIENTO.....	48
3.8. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	50
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	54
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	54
4.2. CORROBORACIÓN DE HIPÓTESIS .....	66
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
5.1 CONCLUSIONES .....	68
5.2 RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	70
APÉNDICE .....	73
ANEXOS .....	141

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales componentes del concreto.....	17
Tabla 2. Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	20
Tabla 3. Requisitos granulométricos del agregado fino .....	21
Tabla 4. Valores máximos admisibles del agua .....	23
Tabla 5. Relación consistencia - asentamiento.....	24
Tabla 6. Coordenadas del laboratorio de ensayo de materiales de la UNC.....	43
Tabla 7. Coordenadas de la cantera Aguilar.....	44
Tabla 8. Número de probetas por grupos .....	47
Tabla 9. Número de probetas y grupos en forma detallada.....	48
Tabla 10. Propiedades de los agregados.....	50
Tabla 11. Cantidad de materiales del diseño de mezcla.....	50
Tabla 12. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto patrón a 7, 14 y 28 días en kg/cm <sup>2</sup> , que se comparará con las probetas con junta de construcción en un ángulo de 60° y epóxico adherente a 4 horas de formación .....	51
Tabla 13. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto patrón a 7, 14 y 28 días en kg/cm <sup>2</sup> , que se comparará con las probetas con junta de construcción en un ángulo de 60° y epóxico adherente a 6 horas de formación .....	51
Tabla 14. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto patrón a 7, 14 y 28 días en kg/cm <sup>2</sup> , que se comparará con las probetas con junta de construcción en un ángulo de 60° y epóxico adherente a 8 horas de formación .....	51

Tabla 15. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Sikadur®-32 Gel a 7, 14 y 28 días en kg/cm <sup>2</sup> , con tiempo de formación de 4 horas .....	51
Tabla 16. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Sikadur®-32 Gel a 7, 14 y 28 días en kg/cm <sup>2</sup> , con tiempo de formación de 6 horas .....	52
Tabla 17. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Sikadur®-32 Gel a 7, 14 y 28 días en kg/cm <sup>2</sup> , con tiempo de formación de 8 horas .....	52
Tabla 18. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm <sup>2</sup> , con tiempo de formación de 4 horas.....	52
Tabla 19. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm <sup>2</sup> , con tiempo de formación de 6 horas.....	52
Tabla 20. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm <sup>2</sup> , con tiempo de formación de 8 horas.....	53

Tabla 21. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Z Pox 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm2, con tiempo de formación de 4 horas .....	53
Tabla 22. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Z Pox 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm2, con tiempo de formación de 6 horas .....	53
Tabla 23. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Z Pox 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm2, con tiempo de formación de 8 horas .....	53
Tabla 24. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Sikadur®-32 Gel vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4 horas de formación y su porcentaje de variación.....	54
Tabla 25. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Sikadur®-32 Gel vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 6 horas de formación .....	55
Tabla 26. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Sikadur®-32 Gel vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 8 horas de formación .....	55
Tabla 27. Variación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Sikadur®-32 Gel vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas.....	56
Tabla 28. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4 horas de formación y su porcentaje de variación .....	58

Tabla 29. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 6 horas de formación .....	59
Tabla 30. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 8 horas de formación .....	59
Tabla 31. Variación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas.....	60
Tabla 32. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Z Pox 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4 horas de formación y su porcentaje de variación.....	62
Tabla 33. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Z Pox 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 6 horas de formación.....	63
Tabla 34. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Z Pox 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 8 horas de formación.....	63
Tabla 35. Variación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Z Pox 32 vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas.....	64
Tabla 36. Resumen de variaciones promedio de resistencia a compresión de probetas con junta de construcción en un ángulo de 60° con los diferentes epóxicos adherentes vs concreto patrón para 7, 14 y 28 días y tiempos de formación de 4, 6 y 8 horas .....	66

Tabla 37. Contenido de humedad del agregado fino .....	72
Tabla 38. Contenido de humedad del agregado grueso.....	72
Tabla 39. Peso específico del agregado fino y agregado grueso .....	73
Tabla 40. Distribución granulométrica del agregado fino – Muestra 1.....	73
Tabla 41. Distribución granulométrica del agregado fino – Muestra 2.....	74
Tabla 42. Distribución granulométrica del agregado fino – Muestra 3.....	75
Tabla 43. Distribución granulométrica del agregado grueso – Muestra 1.....	76
Tabla 44. Distribución granulométrica del agregado grueso – Muestra 2.....	77
Tabla 45. Distribución granulométrica del agregado grueso – Muestra 3.....	78
Tabla 46. Peso volumétrico suelto del agregado fino.....	79
Tabla 47. Peso volumétrico compactado del agregado fino.....	80
Tabla 48. Peso volumétrico suelto del agregado grueso .....	80
Tabla 49. Peso volumétrico compactado del agregado grueso.....	81
Tabla 50. Porcentaje de absorción del agregado fino.....	81
Tabla 51. Porcentaje de absorción del agregado grueso.....	82
Tabla 52. Contenido de humedad del agregado fino para corrección de diseño de mezcla	82
Tabla 53. Contenido de humedad del agregado grueso para corrección de diseño de mezcla .....	83
Tabla 54. Consistencia y asentamiento .....	85
Tabla 55. Contenido de aire.....	85
Tabla 56. Requisitos aproximados de agua de mezclado .....	86
Tabla 57. Relación agua/cemento.....	87
Tabla 58. Volumen del agregado grueso seco y compactado.....	88
Tabla 59. Cantidades en peso por cada m <sup>3</sup> .....	91
Tabla 60. Cantidades en peso por cada m <sup>3</sup> .....	92

Tabla 61. Cantidades en peso por cada m <sup>3</sup> .....	94
Tabla 62. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 4 horas de formación a 28 días.....	98
Tabla 63. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 4 horas de formación a 28 días.....	101
Tabla 64. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 4 horas de formación a 28 días.....	104
Tabla 65. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 1 para 4 horas de formación a 28 días.....	107
Tabla 66. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 6 horas de formación a 28 días.....	110
Tabla 67. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 6 horas de formación a 28 días.....	113
Tabla 68. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 6 horas de formación a 28 días.....	116
Tabla 69. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 1 para 6 horas de formación a 28 días.....	119
Tabla 70. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 8 horas de formación a 28 días.....	122
Tabla 71. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 8 horas de formación a 28 días.....	125
Tabla 72. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 8 horas de formación a 28 días.....	128
Tabla 73. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 1 para 8 horas de formación a 28 días.....	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dimensiones del molde para ensayo .....	25
Figura 2. Pasos para determinar el asentamiento del concreto.....	26
Figura 3. Tolerancia permisible de tiempo de ensayo según la edad de los especímenes...28	
Figura 4. Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura .....	29
Figura 5. Mecanismo de adhesión .....	31
Figura 6. Mapa de provincias de Cajamarca .....	43
Figura 7. Mapa de los departamentos del Perú.....	43
Figura 8. Vista aérea de la UNC.....	43
Figura 9. Vista aérea de la cantera Aguilar .....	44
Figura 10. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Sikadur®-32 Gel vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas .....	57
Figura 11. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas .....	61
Figura 12. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Z Pox 32 vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas .....	65
Figura 13. Curva de distribución granulométrico del agregado fino – HUSO “M” – Muestra 1 .....	74
Figura 14. Curva de distribución granulométrica del agregado fino – HUSO “M” – Muestra 2 .....	75

Figura 15. Curva de distribución granulométrica del agregado fino – HUSO “M” – Muestra 3 .....	76
Figura 16. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 7 – Muestra 1 .....	77
Figura 17. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 7 – Muestra 2 .....	78
Figura 18. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 7 – Muestra 3 .....	79
Figura 19: Mezcla de Epóxico.....	95
Figura 20. Vista de la junta de 60° .....	95
Figura 21. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 4 horas de formación a 28 días.....	100
Figura 22. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 4 horas de formación a 28 días.....	103
Figura 23. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 4 horas de formación a 28 días.....	106
Figura 24. Gráfico del esfuerzo y deformación para cada muestra del Grupo 1 para 4 horas de formación a 28 días.....	109
Figura 25. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 6 horas de formación a 28 días.....	112
Figura 26. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 6 horas de formación a 28 días.....	115
Figura 27. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 6 horas de formación a 28 días.....	118

Figura 28. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 1 para 6 horas de formación a 28 días.....	121
Figura 29. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 8 horas de formación a 28 días.....	124
Figura 30. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 8 horas de formación a 28 días.....	127
Figura 31. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 8 horas de formación a 28 días.....	130
Figura 32. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 1 para 8 horas de formación a 28 días.....	133
Figura 33. Pesando las muestras de agregados para contenido de humedad.....	134
Figura 34. Ensayo para calcular el peso específico del agregado fino .....	134
Figura 35. Epóxicos adherentes usados en la tesis .....	135
Figura 36. Mezcla de los epóxicos para la colocación en juntas de construcción.....	135
Figura 37. Llenado de probetas de concreto a 7 días.....	135
Figura 38. Llenado de probetas de concreto a 14 días.....	136
Figura 39. Llenado de probetas de concreto a 28 días, con la presencia del ingeniero asesor .....	136
Figura 40. Ensayo a compresión de probetas de concreto a 7 días, con la presencia del ingeniero asesor y el Ing. Marco Silva Silva (jurado de tesis).....	136
Figura 41. Ensayo a compresión de probetas de concreto a 14 días, con la presencia del ingeniero asesor .....	137
Figura 42. Ensayo a compresión de probetas de concreto a 28 días, con la presencia del ingeniero asesor .....	137

Figura 43. Probeta de Concreto patrón sin junta de construcción elaborado con Cemento Portland Pacasmayo Tipo I correspondiente al grupo "1" .....	137
Figura 44. Probeta de Concreto con Sikadur®-32 Gel en la junta de construcción elaborado con Cemento Portland Pacasmayo Tipo I correspondiente al grupo "2" .....	138
Figura 45. Probeta de Concreto con Chema Epox Adhesivo 32 en la junta de construcción elaborado con Cemento Portland Pacasmayo Tipo I correspondiente al grupo "3" .....	138
Figura 46. Probeta de Concreto con Z Pox 32 en la junta de construcción elaborado con Cemento Portland Pacasmayo Tipo I correspondiente al grupo "4" .....	139
Figura 47. Todas las probetas ensayadas a compresión .....	139

## RESUMEN

Debido a que en algunos casos durante el proceso constructivo con concreto se dan tiempos muertos o de espera entre uno y otro vaciado de la mezcla por diversos motivos imprevistos para un mismo elemento estructural formando así juntas de construcción, también llamadas juntas frías; en la presente tesis, se ha obtenido el valor de la variación de la resistencia a compresión del concreto con  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , cuando se presentan juntas de construcción usuales con un ángulo de  $60^\circ$  con tres epóxicos adherentes diferentes (Sikadur®-32 Gel, Chema Epox Adhesivo 32 y Z Pox 32) que trabajarán como puentes adherentes en el concreto, para tiempos de formación de las juntas de construcción a 4, 6 y 8 horas y ensayos a compresión del concreto a 7, 14 y 28 días, llegando a la conclusión que la variación promedio de la resistencia a compresión del concreto con las condiciones aquí descritas es de 1.87%.

**PALABRAS CLAVE:** Epóxico Adherente, Juntas de construcción, Concreto, Resistencia a compresión,  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , Sikadur®-32 Gel, Chema Epox Adhesivo 32, Z Pox 32.

## **ABSTRACT**

Because in some cases during the construction process with concrete there are downtimes or waiting times between one pouring of the mixture and another for various unforeseen reasons for the same structural element, thus forming construction joints, also called cold joints; In this thesis, the value of the variation of the compressive strength of concrete with  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  has been obtained, when usual construction joints are presented with an angle of  $60^\circ$  with three different adherent epoxies (Sikadur®-32 Gel, Chema Epox Adhesive 32 and Z Pox 32) that will work as adhesive bridges in the concrete, for formation times of construction joints at 4, 6 and 8 hours and concrete compression tests at 7, 14 and 28 days, reaching the conclusion that the average variation of the compressive strength of concrete with the conditions described here is 1.87%.

**KEYWORDS:** Adhesive Epoxy, Common construction joints, Concrete, Compressive strength,  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , Sikadur®-32 Gel, Chema Epox Adhesive 32, Z Pox 32.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En ocasiones, durante el vaciado del concreto para cualquier estructura ocurren eventos externos no planificados, que no permiten que ese sea continuo y monolítico. Esto conlleva a que el concreto vaciado en una primera etapa antes del imprevisto ya esté en proceso de fraguado, y mientras se sigue agregando concreto fresco una vez ocurrido el imprevisto, se tenga como consecuencia que al finalizar el vaciado de la estructura no se posea la certeza de que realmente la adherencia entre ambas capas de concreto será la adecuada, como para no generar un plano débil dentro de la sección, denominada “jointa de construcción” o también llamada “jointa fría”. Por ello, dicha jointa fría puede generar cierta incertidumbre en cuanto al comportamiento, calidad y resistencia del concreto para lo cual fue diseñado. El Reglamento Nacional de Edificaciones en su sección E-060 establece que las vigas, columnas y losas deben construirse monolíticamente; en el caso de unión de dos estructuras de concreto es requerida una jointa de construcción, la cual es predeterminada de acuerdo a la programación de vaciado. Sin embargo, la variabilidad en la construcción permite que ocurran sucesos inesperados, que provocan que el vaciado sea interrumpido, lo cual es causante de la creación de un plano débil denominado jointa de construcción. Este defecto en una estructura de concreto puede generar alteraciones en su comportamiento mecánico y una posible falla ante los esfuerzos para los cuales ha sido diseñada. (Salazar, 2022)

En nuestro país en el ámbito de la construcción civil, es común encontrarse con diferentes percances como una mala supervisión, problemas de abastecimiento de los materiales, falta de experiencia, la demora de la llegada del camión mixer, factor climático, problemas de los equipos, siendo estos incidentes los que nos llevan a interrupciones del

vaciado las que impactan negativamente en el proceso constructivo de la obra, normalmente en las obras civiles los elementos que están compuestos de concreto son interrumpidos por diferentes motivos en su vaciado pudiendo ser en horas o días, estas interrupciones previamente pueden planificarse con la finalidad de que al ocurrir la separación entre dos concretos de diferentes tiempos de formación no queden en zonas de mayor riesgo afectando a la estructura. Las juntas frías aparecen de manera involuntaria e imprevista y el efecto de estas juntas en las estructuras afectan significativamente en su resistencia provocando problemas y fallas en los diferentes procesos constructivos. (Arroyo, 2022).

El concreto se define como la mezcla de un material aglomerante, áridos (agregado fino y/o grueso), agua y de ser necesario algún tipo de aditivo en específico. Por lo tanto, combinados forman una pasta plástica; que, al secarse y con el correcto curado en un periodo determinado, alcanzan la resistencia para el cual fue diseñado. A pesar de que se conoce ciertos tratamientos que se deben tomar en cuenta en caso de ocurrir imprevistos durante el vaciado y se produzca discontinuidad en este, no siempre son aplicados de manera adecuada o simplemente no son tomados en consideración. Esto genera un problema para la calidad del concreto y el futuro funcionamiento de la estructura, pues alterará su comportamiento y/o resistencia. Esto depende de la inclinación de la junta fría, tiempo de formación y otros. (Salazar, 2022).

La velocidad de colocación del concreto debe ser tal que el concreto siempre mantenga su estado plástico y pueda fluir fácilmente hacia el espacio entre las barras de acero. El proceso de vertido debe realizarse de forma continua o con un cierto espesor para que el concreto no se deposite sobre el que ya se ha endurecido lo suficiente, como para formar una junta o superficie de vertido en la sección. Así mismo, no se debe colocar concreto parcialmente endurecido o contaminado en la estructura (SENCICO, 2009, p.46).

El Reglamento Nacional de Edificaciones E-060 indica que no se debe depositar un concreto fresco sobre otro que haya endurecido lo suficiente para formar un solo elemento estructural, por lo que la propuesta de este trabajo de investigación es encontrar la variación de la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ , debido a la presencia de las juntas frías o juntas de construcción usuales.

En consecuencia, es importante tener conocimiento de las condiciones de la calidad del concreto y la afectación que se produjo en la resistencia del concreto debido a la presencia de una junta de construcción.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la variación de la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando diferentes epóxicos adherentes en juntas de construcción usuales en comparación con el concreto tradicional?

## **1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Hipótesis General**

La variación de la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando diferentes epóxicos adherentes en juntas de construcción usuales, con un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ , con tiempos de formación de 4, 6, y 8 horas, considerando para los casos de resistencia de diseño con edades: 7, 14 y 28 días, genera un decrecimiento de 5% en su resistencia a compresión con respecto al concreto tradicional.

### **1.3.2. Hipótesis Específico:**

- La utilización del epóxico adherente Sikadur®-32 Gel en las juntas de construcción usuales con resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ; considerando para los casos de resistencia de diseño a edades: 7 días, 14 días y 28 días, con un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ , en la parte central de la probeta, con tiempos de formación de 4, 6,

y 8 horas y con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, genera una disminución del 6% en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón, utilizando cemento portland tipo I.

- La utilización del epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 en las juntas de construcción usuales con resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ; considerando para los casos de resistencia de diseño a edades: 7, 14 y 28 días, con un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ , en la parte central de la probeta, con tiempos de formación de 4, 6, y 8 horas y con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, genera una disminución del 5% en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón, utilizando cemento portland tipo I.
- La utilización del epóxico adherente Z Pox 32 en las juntas de construcción usuales con resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ; considerando para los casos resistencia de diseño a edades: 7, 14 y 28 días, con un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ , en la parte central de la probeta, con tiempos de formación de 4, 6, y 8 horas y con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, genera una disminución del 4% en su resistencia a compresión con respecto al concreto patrón, utilizando cemento portland tipo I.

#### **1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES**

##### **1.4.1. *Variable Independiente***

- Junta de construcción utilizando puentes adherentes.

##### **1.4.2. *Variables Dependientes***

- Variación de la resistencia a la compresión del concreto.

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Es importante conocer la influencia de los epóxicos adherentes Sikadur®-32 Gel, Chema Epox adhesivo 32 y Z Pox 32, en la resistencia a compresión del concreto en juntas

de construcción usuales. Esta investigación apunta a compartir el conocimiento adquirido con la comunidad científica y con la totalidad los trabajadores en el rubro de la construcción de nuestro país.

Esta tesis de investigación contribuye con el conocimiento acerca de las juntas de construcción usuales utilizando tres tipos de puente adherente, comparándolos con la resistencia a compresión de un concreto patrón.

De igual manera es un aporte para las nuevas construcciones emplazadas dentro del área de influencia de la cantera Aguilar dentro del departamento de Cajamarca, debido a que en la actualidad aún no existe estudios de resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con juntas de construcción utilizando adherentes epóxicos y agregados de una cantera local en la fabricación del concreto.

Debido a que se desconoce el tratamiento para este fenómeno, queremos realizar estudios específicos para la cantera Aguilar del río Chonta en el departamento de Cajamarca, con la finalidad de analizar la influencia de las juntas de construcción con tratamiento epóxico y ver en cuánto varía la resistencia a compresión de concreto para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  utilizando agregados de la cantera nombrada líneas arriba.

Sabiendo que a nivel local para una resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  no se tienen datos sobre el comportamiento de los epóxicos adherentes Sikadur®-32 Gel, Chema Epox Adhesivo 32 y Z Pox 32 utilizados en las juntas de construcción usuales, cuando el tiempo de retraso entre dos tandas vaciadas es de 4, 6 y 8 horas. Estos epóxicos adherentes tienen como finalidad servir como puente adherente y transmisor de esfuerzos entre el concreto fraguado del primer vaciado y el concreto nuevo del segundo vaciado. Para hallar la variación de la resistencia del concreto en las condiciones antes descritas, se ensayarán probetas cilíndricas de concreto descrita en la norma NTP 339.034 con edades de 7 días, 14 días y 28 días, considerando que el primer llenado del concreto

tendrá una junta de construcción con un ángulo de inclinación de 60° en la parte media de la probeta y luego de un tiempo establecido realizar el segundo vaciado del concreto, con el cual se finalizará la fabricación de la probeta de concreto.

## **1.6. ALCANCES Y DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1. Alcances y Delimitaciones**

Esta investigación se enfocó en hallar la variación de la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con el uso de tres epóxicos adherentes, Sikadur®-32 Gel, Chema Epox Adhesivo 32 y Z Pox 32 en juntas de construcción usuales que forman un ángulo de 60° con el eje de la probeta de concreto, considerando ensayos a compresión de las probetas para edades: 7, 14 y 28 días.

La presente tesis también contempló la fabricación de 27 probetas patrón de concreto, 36 probetas con Sikadur®-32 Gel en las juntas de construcción, 36 probetas con Chema Epox Adhesivo 32 en las juntas de construcción y 36 probetas con Z Pox 32 en las juntas de construcción usuales.

La única propiedad mecánica del concreto evaluada fue la resistencia a compresión axial; y la totalidad de las probetas en la presente tesis fueron elaborados con cemento Portland Pacasmayo tipo I y con agregados de la cantera Aguilar perteneciente al río Chonta, en el distrito de Los Baños del Inca.

El proceso de la investigación tomó un tiempo aproximado de 4 meses, donde se hizo uso del laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

## **1.7. LIMITACIONES**

No se realizó el ensayo de adherencia del cemento antiguo con el cemento nuevo, ni se realizaron los ensayos a flexión y tracción, debido a que los resultados de estas, escapan del objetivo que se ha planteado en la presente investigación.

## **1.8. OBJETIVOS**

### **1.8.1. *Objetivo General***

- Determinar la variación de la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando diferentes epóxicos adherentes en juntas de construcción usuales en comparación del concreto tradicional.

### **1.8.2. *Objetivos Específicos***

- Determinar la variación de la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando el epóxico adherente Sikadur®-32 Gel, en juntas de construcción usuales en comparación con el concreto tradicional.
- Determinar la variación de la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando el epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32, en juntas de construcción usuales en comparación del concreto tradicional.
- Determinar la variación de la resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando el epóxico adherente Z Pox 32, en juntas de construcción usuales en comparación con el concreto tradicional.

## **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**

Abarca los antecedentes teóricos, bases teóricas, definición de términos básicos.

### **CAPÍTULO III: MATERIALES Y METODOS**

Se refiere a 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**

Describe, explica y discute los resultados encontrados siguiendo la secuencia de los objetivos planteados.

### **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

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

### **REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS**

Aquí se enumera las citas bibliográficas que han apoyado a la investigación.

### **APÉNDICE**

Datos obtenidos en el laboratorio y su procesamiento

Diseño de mezclas

Diseño de mezclas con corrección por humedad

Dosificación de los epóxicos

Fotos del proceso de ejecución de la tesis.

### **ANEXOS**

Ficha Técnica del Cemento Pacasmayo Portland Tipo I

Hoja de Datos del Epóxico Adherente Sikadur®-32 Gel

Certificado de Calidad del Epóxico Adherente Sikadur®-32 Gel

Hoja Técnica del Chema Epox Adhesivo 32

Hoja Técnica del Adhesivo Estructural de Alta Resistencia Z Pox 32

Constancia de Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Abarca las investigaciones que exponen teorías relacionadas al tema que tratamos en esta tesis de investigación, entre las que tenemos:

#### 2.1.1. *Antecedentes Internacionales*

Torres Palacio Andrés Felipe, (2016 - Colombia) Una junta de construcción en un elemento de concreto es la formación de un plano de debilidad o articulación causado por la interrupción prolongada de suministro de mezcla fresca en el proceso de vaciado, que ocasiona pérdida de resistencia mecánica en el elemento. La pérdida de resistencia depende del tiempo de interrupción de mezcla, es decir, del tiempo de formación de junta de construcción, de la edad del concreto y del grado de inclinación del plano de la junta con respecto a la dirección de la carga.

Pin-Antón Kenia Verenice - Ruiz Wilter (2022-Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador). “Análisis del comportamiento de juntas constructivas entre hormigones antiguos y hormigones nuevos empleando epóxicos estructurales”. La presente investigación estudia el comportamiento de juntas constructivas de hormigones de diferentes edades que fueron unidos con resina estructural mono componente a base de poliuretano con la finalidad de evaluar su comportamiento ante cargas. En los ensayos de tracción indirecta se observaron valores máximos de 3.70 MPa y como mínimo de 2.02 MPa donde se observaron desprendimiento de secciones en los extremos de los cilindros, no se observaron daños que pudieran indicar una separación de los dos elementos unidos. Los ensayos de resistencia a la tracción indicaron que la resina monocapa presenta un buen comportamiento ante este tipo de ensayos y demuestra ser adecuada para unir hormigones de diferentes edades.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Zeña Sandoval, José Antony (tesis UNPRG – 2018). “Resistencia a la Comprensión de Concretos con Epóxicos Adherentes”. En nuestro país los vaciados masivos de concreto normalmente se realizan con procesos constructivos que presentan discontinuidades dentro de las estructuras. Es por ello que la investigación desarrollada en esta tesis hace uso de tres epóxicos adherentes; para ello en la primera etapa se elaboraron probetas monolíticas de tres tipos de concreto con resistencia 210, 245 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, estas a 28 días de edad fueron seccionadas de forma oblicua, generando planos de corte con ángulos de 30, 37 y 45° respecto a la generatriz. Obteniendo resistencias a la compresión de probetas unidas por adhesivos a edad de 28 días, de valores que variaron entre 36% y 66% de la alcanzada por el espécimen de control, donde los mayores valores se obtuvieron para probetas cuyas juntas frías se unieron por Sikadur 32 Gel y Zeta Epox, con valores en promedio de 60% y 64% respectivamente. Por lo consiguiente se obtuvo mayor resistencia al corte para los adhesivos antes mencionados, con un ángulo óptimo para unir concretos antiguo y nuevo de 45°.

Núñez Alemay, Maryori (tesis UCSTM – Chiclayo 2022). “Evaluación de la Resistencia a Flexión y Compresión del Concreto Con  $F'_c=210$  Kg/Cm<sup>2</sup> Usando Epóxico en Juntas frías”. En el Perú nos encontramos con un vacío de conocimientos sobre los materiales que usamos para la construcción, por lo que, surge la siguiente pregunta, ¿Cuánto variará su resistencia a flexión y compresión del concreto simple unidos con epóxico frente a un concreto monolítico?. La hipótesis sostiene que el uso de Chema Epox Adhesivo 32 en el concreto fresco endurecido conserva la resistencia a esfuerzos de flexión y compresión al igual que un concreto monolítico. Al final las resistencias a compresión simple de las probetas monolíticas a los 28 días curadas superficialmente bajo la sombra, obtuvo una resistencia de 214.00 kg/cm<sup>2</sup>, a diferencia de la resistencia de probetas de concreto antiguo de 1 día con epóxico que alcanzó 188.40 kg/cm<sup>2</sup>. En la resistencia a tracción por compresión

diametral se obtuvieron resistencias cercanas, 24.93 kg/cm<sup>2</sup> y 21.29 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Finalmente, en la flexión, los especímenes monolíticos obtuvieron un módulo de rotura con un incremento del 25% de su resistencia adquirida.

Salazar Dávila, María. (2022). “Análisis de la influencia de juntas frías con y sin aplicación de epóxico adherente en la resistencia a compresión y flexión de estructuras horizontales y verticales de concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> – Ucayali”. Durante la ejecución de vaciados de concreto en cualquier estructura pueden ocurrir ciertos imprevistos haciendo que este proceso sea discontinuo, dando lugar a formación de juntas frías en el elemento, desconociéndose si esta condición será influyente o no en la resistencia. Sin embargo, se realizó la investigación para conocer si la presencia de juntas frías con 3, 8 y 24 horas de formación en estructuras horizontales y verticales de concreto es un factor interviniente en la resistencia a compresión y flexión, comparándola con un patrón, es decir de vaciado continuo. Para un tratamiento de epóxico adherente el elegido fue la marca Sikadur 32 – Gel. El proceso de vertido de concreto se basó en la NTP 339.034 y NTP 339.079, teniéndose para los grupos experimentales un primer vaciado hasta el tercio medio de la probeta, interrumpiéndose para formar una junta fría de 45°. Luego de un lapso de 3, 8 y 24 horas, se colocó el epóxico adherente (según corresponda), continuándose el segundo vaciado con la misma dosificación que el primero. De los resultados obtenidos se concluyó que la presencia de juntas frías en el concreto definitivamente disminuye la resistencia a compresión y flexión, pero el uso del epóxico adherente atenúa en cierto grado este daño.

Abarca Durand, Jhach – Pinedo Bayona, Senaida (tesis UCV - 2021). “Influencia de juntas frías con diferentes tiempos de formación, en la resistencia a compresión y tracción del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, Cusco”. El presente trabajo analizó de qué manera influyeron las juntas frías, en la resistencia a compresión y tracción de un concreto  $F'C = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, en el distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco, simulando juntas frías horizontales,

verticales y diagonales en testigos sometidos a ensayos de compresión y tracción a edades de 7,14 y 28 días obteniendo como resultados que la junta fría diagonal con tiempo de formación de 6 horas es la que presenta mayor porcentaje de pérdida de resistencia a compresión con una reducción del 23.18% y la junta fría vertical de tiempo de formación de 6 horas presenta mayor porcentaje de pérdida de resistencia a tracción con una reducción del 44.58%, ambas muestras respecto a la muestra patrón.

Lau Agurto, Juan Carlos (tesis UPN - 2018). “Influencia de productos adherentes para juntas frías en concreto de diferentes edades sobre sus propiedades mecánicas, Trujillo 2018”. La presente investigación tiene la finalidad de evaluar el comportamiento de dos productos adhesivos que se utilizan en el mercado nacional para la unión de concreto de diferentes edades. Se elaboró 70 probetas con un concreto estructural de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con cemento Extraforte Ico y con adhesivos del mercado nacional (Sikadur 32 gel, Chema Epox Adhesivo 32). Los testigos de concreto de diferentes edades (14 y 28 días) con adhesivo Sikadur 32 gel presentaron una mejora en la resistencia a la compresión y adherencia de hasta un 9.56% con respecto a los testigos monolíticos de 28 días y en tracción estos testigos llegaron a comportarse igual a los monolíticos.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### ***2.2.1. Concreto Tradicional***

El concreto tradicional es una mezcla compuesta por cemento, agua, agregados y opcionalmente otros componentes que modifican algunas de sus características.

El concreto es un material que, en su estado fresco e inicial presenta una fase plástica y moldeable, que con el transcurso del tiempo endurece y adquiere una estructura rígida.

El concreto en su estado endurecido tiene propiedades aislantes, duraderas y una estructura interna que absorbe y resiste esfuerzos a compresión importantes, que le permiten ser considerado como un material estructural ideal en la construcción.

### **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 material obtenido de la trituración del Clinker Portland al que se le añade sulfato de calcio. A veces se agregan otros productos, siempre que las propiedades del cemento resultante no se vean afectadas involuntariamente. Se producen diferentes tipos de cemento modificando las cantidades añadidas de C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>S, C<sub>3</sub>A y C<sub>4</sub>AF para proporcionar las propiedades físicas y químicas requeridas para casos específicos.

- **Cemento Portland Tipo I:** Se utiliza generalmente en trabajos normales de concreto y no requiere propiedades especiales.
- **Cemento Portland Tipo I-M:** También es utilizado en trabajos generales que no requiere propiedades especiales, pero tiene una mayor resistencia respecto del cemento tipo I.
- **Cemento Portland Tipo II:** Se usa comúnmente en construcciones donde el concreto tendrá una exposición moderada a los sulfatos y se requiera un calor de hidratación moderado durante el mezclado.
- **Cemento Portland Tipo III:** Se caracteriza por tener un incremento rápido de resistencia. Se recomienda utilizar cuando se necesita adelantar el desencofrado; pero al fraguar, produce alto calor en la hidratación, por lo que es aplicable en climas fríos.
- **Cemento Portland Tipo IV:** Cemento que al fraguar produce bajo calor durante la hidratación de la mezcla, es recomendable para vaciados masivos de elementos de concreto grandes.
- **Cemento Portland Tipo V:** Cemento de muy alta resistencia a la acción de las sales, recomendado cuando los elementos de concreto entran en contacto con agua o ambientes salinos.

**2.2.2.1.1. Composición del Cemento.** El cemento se compone principalmente de cal, sílice y alúmina, aunque la mayoría de los cementos contienen pequeñas cantidades de óxido de hierro, magnesio, trióxido de azufre y álcalis. La composición del cemento Portland ha cambiado a lo largo de los años, con una ligera disminución del contenido de sílice y un aumento del contenido de cal, que si se excediera en su cantidad, sería difícil combinarlo completamente con otros compuestos por lo que el Clinker tendría 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 concreto**

Nombre del Compuesto	Composición del óxido	Abreviatura	Porcentaje
Silicato de tricálcico	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S	48% - 52%
Silicato de bicálcico	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S	17% - 27%
Aluminio de tricálcico	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A	6% - 10%
Ferro Aluminato tetracálcico	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF	9% - 11%

**Fuente: Geologiaweb.com (2021)**

**2.2.2.1.2. Propiedades Físicas y Mecánicas del Cemento.** Las propiedades físicas y mecánicas del cemento se describen a continuación.

- **Fineza del cemento.** La fineza del cemento, se define como el tamaño de las partículas que le componen; expresada en cm<sup>2</sup>/g, a esta 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 es el tiempo de fraguado, esto implica que cuanto más fino es el cemento, más rápido entra en contacto con el agua.
- **Peso específico del cemento.** El peso específico se define como el cociente entre el peso de la muestra de cemento y el volumen absoluto de la misma, mediante la siguiente ecuación:

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

El peso específico del cemento varía entre 3.10 y 3.15 g/cm<sup>3</sup>. Estos valores no reflejan la calidad del cemento, sino que es una propiedad que se usa para el diseño de la

mezcla. El valor de la densidad bajo, indica que el cemento presenta poco Clinker y mucho yeso.

- **Fraguado.** Es el cambio de un estado semilíquido plástico a un estado sólido de una mezcla de concreto fresco. Al mezclar el agua con el cemento se forma una pasta, que con el pasar de tiempo, se rigidiza gradualmente hasta que finalmente se transforma en una masa rígida, este cambio va acompañado de cambios de temperatura en la pasta de cemento debido a la reacción química exotérmica que se produce. Se dan dos etapas de fraguado en la mezcla: el primero cuando la masa empieza a perder plasticidad y el segundo es cuando la pasta de cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque endurecido.

**2.2.2.2. Agregados.** Los agregados son el conjunto de materiales inorgánicos que por lo general son arena y piedra, los que debido a sus propiedades modifican las características de concreto. Los agregados fino y grueso, así clasificados en la NTP, se encuentran totalmente cubiertos por la pasta de cemento y conforman la fase discontinua de la mezcla de concreto (NTP 400.037, 2018).

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

**2.2.2.2.2. Agregado Grueso.** Material de mayor tamaño que el agregado fino, producto de la fragmentación natural o artificial de la piedra, en donde los elementos que lo conforman pasan el tamiz N° 4.

**2.2.2.2.3. Propiedades físicas de los agregados.** A continuación, las enumeramos y describimos.

- **Peso Unitario.** El peso unitario varía según las condiciones intrínsecas del material 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, entre otros. (ASTM C29)

- Se clasifica en:

**Peso Unitario Suelto (P.U.S.).** Es el cociente entre el peso y el volumen del agregado que cae sobre el recipiente, hasta llenarlo por acción de la gravedad, sin reacomodar la distribución del material por medios mecánicos.

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

**Peso Unitario Compactado (P.U.C.).** Es el cociente entre el peso y el volumen del material compactado en capas, usando una varilla metálica 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 de un mismo volumen; este valor es de gran importancia para los cálculos de control y diseño de las mezclas de concreto. (NTP 400.022, 2013)

Según el peso específico obtenido, el material se puede clasificar en:

**Ligero,** cuando el peso específico es menor a 2.5 g/cm<sup>3</sup>.

**Normal,** cuando el peso específico se encuentra entre 2.5 a 2.75 g/cm<sup>3</sup>.

**Pesado,** cuando el peso específico es mayor a 2.75 g/cm<sup>3</sup>.

- **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, a continuación, los mostramos.

**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	300 µm N° 50
5	22 mm a 12.5 mm (1" a 1/2")	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	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 a100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8" a N° 16)	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5

**Fuente: Norma Técnica Peruana 400.37 (2018)**

**Tabla 3. Requisitos granulométricos del agregado fino**

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que pasa (%)</b>
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)**

- **Porcentaje de absorción.** Es la capacidad que tiene el material de retener agua en sus poros, cuando está sumergido durante 24 horas. El valor de la absorción de los agregados modifica la dosificación del agua en el concreto y puede hacer variar propiedades de éste tales como la resistencia o la trabajabilidad (ASTM 127, 2015 – ASTM 128, 2015).

La fórmula para calcular la absorción se muestra a continuación:

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

Donde: A = Peso del agregado seco (g)

B = Peso del agregado saturado superficialmente seco (g)

- **Contenido de humedad.** El contenido de humedad de los agregados es el cociente de dividir la cantidad de agua en peso que estos contienen en sus poros, entre el peso de la muestra seca, multiplicada por cien para obtener este valor en porcentaje. El contenido de humedad varía según la exposición que los agregados tengan a las

condiciones ambientales del entorno. Es importante determinar el contenido de humedad de los agregados para modificar la cantidad de agua de diseño del concreto, para no reducir la resistencia y otras propiedades de éste. (ASTM C566, 1997)

El porcentaje de contenido de humedad se calcula de la siguiente forma:

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

- **Módulo de fineza.** Representa un tamaño promedio ponderado de la muestra, es un factor empírico obtenido por la suma dividida por cien de los porcentajes retenidos acumulados, es un indicador representado por un número adimensional que señala el tamaño de las partículas predominante del agregado. (ASTM C117, 2013)

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

**2.2.2.3. Agua de Mezcla.** El agua debe ser limpia, libre de cualquier tipo de contaminante que pueda perjudicar la resistencia del concreto. Si se tiene duda de la calidad del agua debido a alguna coloración o sustancia presente en el agua, esta no debe ser usada en la mezcla, a menos que existan registros de concretos elaborados con ésta.

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).

En la siguiente tabla, se muestran los valores admisibles del agua:

**Tabla 4. Valores máximos admisibles del agua**

<b>Sustancias disueltas</b>	<b>Valor Máximo Admisible</b>
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. Propiedades del Concreto**

Las propiedades del concreto, están directamente relacionadas con las características y proporciones relativas de los materiales que lo constituyen; la calidad y cantidad de la pasta permiten que el concreto endurecido llegue a tener las propiedades mecánico-físicas que se deseaban en el diseño de mezcla, además que la cantidad óptima de agua en la mezcla no permitirá una disminución de la resistencia del concreto.

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. (Santillán, 2019).

**2.2.3.1. Propiedades del Concreto en Estado Fresco.** El concreto recién hecho, presenta un estado plástico y fácil de trabajar, que aún no fragua ni se endurece y que toma la forma de los moldes que lo contienen.

**2.2.3.1.1. Trabajabilidad.** La trabajabilidad, también llamada manejabilidad, es una propiedad del concreto en su estado fresco que le permite ser transportado, colocado y vibrado para asegurar un correcto acomodo, fraguado y acabado sin segregación alguna.

**2.2.3.1.2. Consistencia.** La consistencia se aplica al 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 5. 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

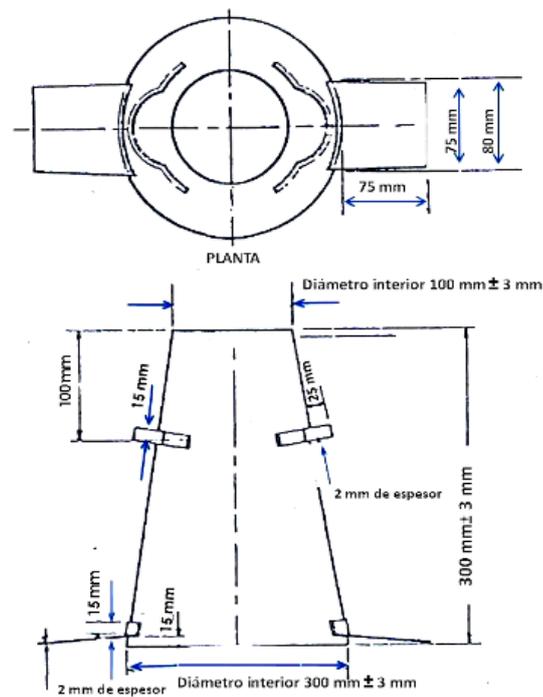
**Fuente: Pacheco (2017)**

Los equipos y herramientas utilizados 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.
- **Base Metálica.** Plataforma rectangular metálica, donde descansa el cono y recibe la mezcla durante el ensayo.

- **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 1. Dimensiones del molde para ensayo**

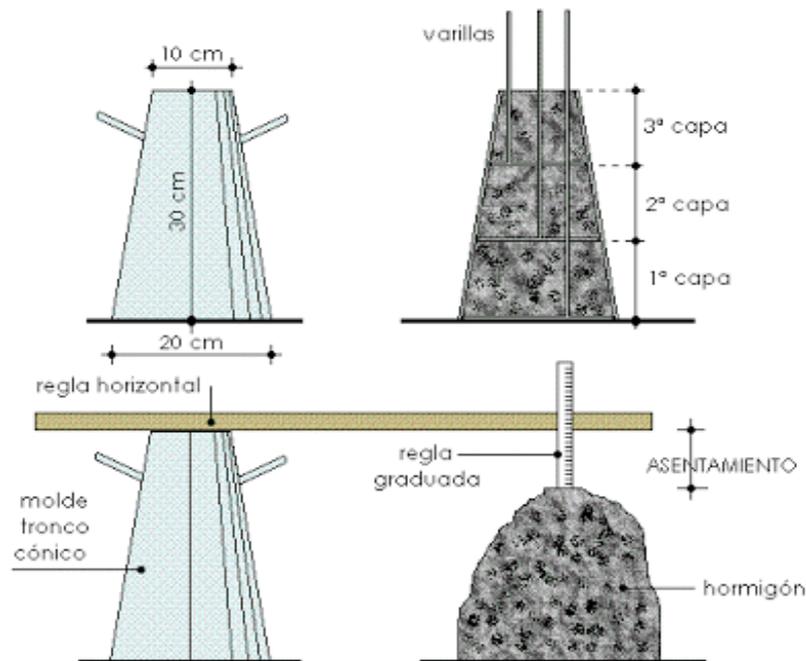


**Fuente: NTP 339.035**

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 2. Pasos para determinar el asentamiento del concreto**



**Fuente: NTP 339.035**

**2.2.3.2. Propiedades del Concreto en Estado Endurecido.** Las propiedades del concreto endurecido son nombradas a continuación.

**2.2.3.2.1. Resistencia a la Compresión.** La resistencia a compresión 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). La fórmula para calcular la resistencia a compresión es:

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

Donde:

F'c: Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm<sup>2</sup>)

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 a compresión.** Es una máquina de compresión hidráulica con alimentación de energía eléctrica con una carga máxima suficiente para abastecer con las cargas solicitadas durante el ensayo.
- **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.

**2.2.3.2.2. Procedimiento para medir Resistencia a la Compresión.** El procedimiento a realizar para medir la resistencia a la compresión del concreto es como sigue:

- **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:

**Figura 3. Tolerancia permisible de tiempo de ensayo según la edad de los especímenes**

<b>Edad</b>	<b>Tolerancia permisible del tiempo de ensayo</b>
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%

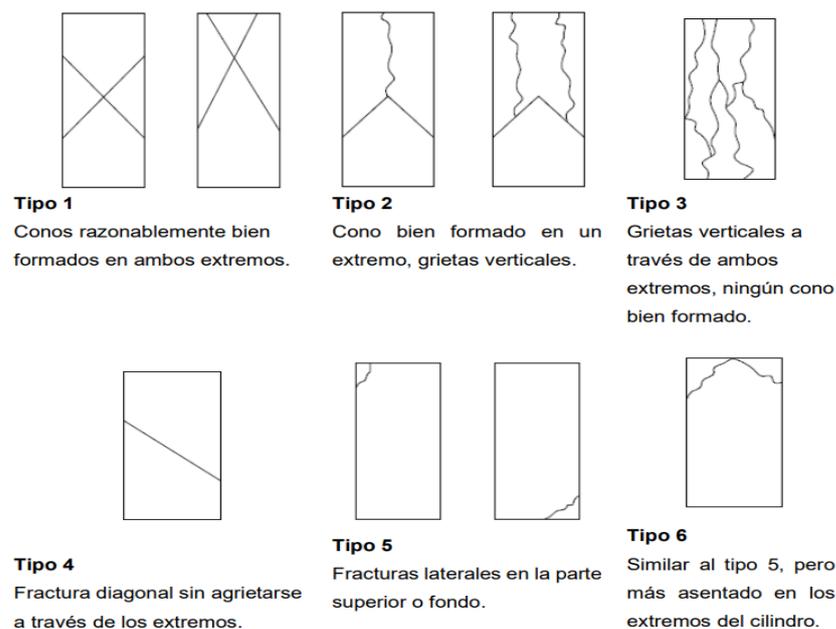
**Fuente: Aguirre (2018)**

- **Dimensiones de los especímenes.** Se mide dos diámetros con el calibrador vernier y 2 medidas en forma recta de la longitud del espécimen cilíndrico.
- **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 desciende 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  $2.5 \pm 0.5$  kg/cm<sup>2</sup> 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.
- **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**

#### **2.2.4. Juntas en el Concreto**

El concreto se expande y se contrae con los cambios de humedad y de temperatura. La tendencia general es a contraerse y esto causa el agrietamiento a edad temprana. Las grietas irregulares son feas y difíciles de manejar, pero generalmente no afectan la integridad

del concreto. Las juntas son simplemente grietas planificadas previamente. Las juntas pueden ser creadas mediante moldes, herramientas, aserrado y con la colocación de formadores y juntas. Por ejemplo:

**2.2.4.1. Juntas de Contracción.** Que pretender crear planos débiles en el concreto y regular la ubicación de grietas que se formarán como resultado de cambios dimensionales.

**2.2.4.2. Juntas de Aislamiento o Expansión.** Que separan las losas de otras partes de la estructura, como paredes, cimientos o columnas, así como las vías de acceso y los patios, de las aceras, las losas de garaje, las escaleras, luminarias y otros puntos de restricción. Permiten los movimientos independientes verticales y horizontales entre las partes de la estructura y ayudan a minimizar las grietas cuando estos movimientos son restringidos.

**2.2.4.3. Juntas de Construcción o Juntas Frías.** Son superficies donde se encuentran dos vaciados (vertidos) sucesivos de concreto. Ellas se realizan por lo general al final del día de trabajo, pero pueden ser requeridas cuando el vaciado del concreto es paralizado por un tiempo mayor que el tiempo de fraguado inicial del concreto. En las losas ellas pueden ser diseñadas para permitir el movimiento y/o para transferir cargas. La ubicación de las juntas de construcción debe ser planificada. Puede ser deseable lograr la adherencia y la continuidad del refuerzo a través de una junta de construcción. (Joints in concrete construcción, ACI 224.3R).

### **2.2.5. Definición de Epóxico**

El término se usa para referirse a cualquier material que lleve resina epoxi en su composición. La definición técnica depende directamente de la composición química de esta resina. Suele mezclarse el bisfenol A, o la epiclorhidrina, con el propileno, el fenol y la acetona. Desde el punto de vista químico, un material que es epóxico es aquel que combina dos átomos de carbono contiguos con un átomo de oxígeno que actúa como puente.

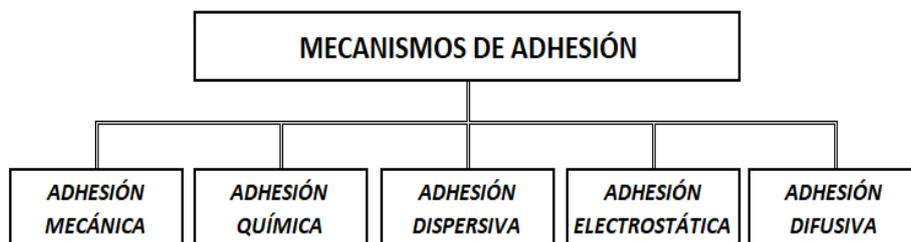
### 2.2.6. *Puente de Adherencia*

Un puente Adherente, también llamado primer o promotor de adherencia es una palabra muy común empleada en el sector de la construcción, sobre todo en el tema de los recubrimientos epóxicos o de poliuretano. Pero ¿Qué es un promotor de Adherencia o Primer?: Un promotor de adherencia es un material que se emplea para incrementar la adhesión entre materiales de iguales o diferentes características. Para entender cómo funciona un promotor o puente de adherencia (primer) debemos comprender primero que significa el término adhesión:

**2.2.6.1. La Adhesión.** Es una propiedad física de la materia que permite que se une dos sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto a través de fuerzas intramoleculares. Por ejemplo: la adhesión del ladrillo con el mortero de cemento. Además, de la adhesión del agua en el suelo por la fuerza intramolecular. Por lo tanto, la adhesión es una propiedad muy usada en la construcción para la unión de materiales de iguales o diferentes propiedades y características, como por ejemplo la unión de los tabiques con mortero de cemento, la cual se hace por medio de una adherencia mecánica generada entre los adherentes (tabiques de ladrillo) y adhesivo (mortero de cemento) provocada por la cinética de penetración del adhesivo en los poros y capilares de los materiales adherentes.

**2.2.6.2. Mecanismo de Adhesión.** Existen cinco mecanismos para explicar cómo y por qué se adhiere un material a otro, pero solo son tres las que en el caso de los recubrimientos son de nuestro interés y estas son las siguientes.

**Figura 5. Mecanismo de adhesión**



**Fuente: Ing. Álvarez - 2018**

**2.2.6.2.1. Adhesión Mecánica.** Está se logra al penetrar o rellenar los huecos o poros existentes en las superficies de los adherentes por la formación de cristales o elementos que se anclan o clavan en ellos y que son formados en la matriz del material adhesivo. Es por tal motivo que se necesita la adecuada preparación y perfil de la superficie del elemento que va a recibir el primer para que se genere lo anterior comentado.

**2.2.6.2.2. Adhesión Química.** Se llama adherencia química por el hecho que en la mayoría de los casos interviene la química orgánica en la consecución de la adhesión, y esto, por la formación de uniones covalentes en el interfaz adhesivo/adherente o interacciones ácido-base; también por fuerzas electrostáticas que siguen la ley de Coulomb y en menor medida la ley de fuerza-distancia de Van der Waals, para el caso de materiales de electronegatividad sustancialmente diferente. Los adhesivos más interesantes respecto a sus prestaciones están basados en materiales orgánicos, principalmente poliméricos o que se vuelven poliméricos durante la formación de la unión adhesiva. La forma en que se realiza la adhesión química se obtiene cuando dos materiales pueden formar un compuesto al unirse. Las uniones más fuertes se producen entre átomos donde hay permutación (enlace iónico) o se comparten electrones (enlace covalente). El principio de esta adhesión química es bastante sencillo: si las moléculas de superficie se pueden unir, a continuación, las superficies se unen entre sí por una red de estos enlaces. Las fuerzas iónicas y covalentes de atracción solo son eficaces en distancias muy pequeñas de menos de un nanómetro. Esto significa que no sólo las superficies que se quieren unir estén muy próximas entre sí, sino que también, que los enlaces sean bastante frágiles ya que las superficies deben mantenerse juntas.

**2.2.6.2.3. Adhesión Difusiva.** Algunos materiales pueden unirse en la interfase por difusión y esto sucede cuando las moléculas de ambos materiales son móviles y solubles el uno con el otro. Esto sería eficaz con las cadenas de polímero en donde un extremo de la

molécula se difunde en el otro material. Este mecanismo es el implicado en la sinterización. La unión por difusión se produce cuando las especies de una superficie penetran en una superficie adyacente sin dejar de ser unido a la fase de su superficie de origen. La libertad de movimiento de los polímeros tiene un fuerte efecto en su capacidad para entrelazarse, en la unión por difusión.

Por ejemplo, los polímeros reticulados son menos capaces de difundir porque se unen entre sí en muchos puntos de contacto, y no son libres de girar en la superficie adyacente. Los polímeros reticulados, por el contrario, son más libres para pasear en la fase adyacente al extender las colas y los lazos a través de la interfaz. Una vez al otro lado de la interfaz, las colas y los bucles forman enlaces favorables. Si bien estos pueden ser frágiles, son bastantes fuertes cuando se forma una gran red de estos enlaces. La capa más externa de cada superficie desempeña un papel crucial en las propiedades adhesivas de dichas interfaces, ya que incluso una pequeña cantidad de intergitación tan poco como uno o dos colas de 1.25 angstroms de longitud puede aumentar los enlaces de van der Waals en orden de magnitud. (Ing. Álvarez Cárdenas 2018 malvarez@alchimicamexico.com)

### **2.2.7. Puente de Adherencia, Sikadur®-32 Gel**

Es un Puente de adherencia epóxico, es decir es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas seleccionadas, libre de solventes.

#### **2.2.7.1. Características / Ventajas**

- Fácil de aplicar.
- Libre de solventes.
- No es afectado por la humedad.
- Altamente efectivo, aún en superficies húmedas.
- Trabajable a bajas temperaturas.
- Alta resistencia a tracción.

### **2.2.7.2. Usos**

- Como adhesivo estructural de concreto fresco con concreto endurecido.
- Como adhesivo entre elementos de concreto, piedra, mortero, acero, fierro, fibrocemento, madera.
- Adhesivo entre concreto y mortero.
- En anclajes de pernos en concreto o roca, donde se requiere una puesta en servicio rápida (24 horas).

### **2.2.7.3. Certificados / Normas del Sikadur®-32 Gel**

- Cumple la norma ASTM C-881.
- Certificado como producto no tóxico por el Instituto de Salud de Chile.

### **2.2.8. Puente de Adherencia, Chema Epox Adhesivo 32**

Es un sistema epóxico de dos componentes 100% sólidos, de calidad Premium. Diseñado especialmente con alta resistencia a la humedad, Ideal para asegurar una unión perfecta entre concreto fresco y endurecido, concreto con metal y otros. Posee elevadas adherencias y resistencias mecánicas.

Este adhesivo presenta viscosidad media lo que permite aplicarse como puente de adherencia directo o para preparar un mortero epóxico de reparación en elementos estructurales (de concreto o como relleno de cangrejeras).

#### **2.2.8.1. Características / Ventajas**

- Excelente resistencia a la humedad y a los ataques químicos.
- Excelente adherencia sobre concreto, fierro, acero, piedra, madera, y otros.
- Asegura una unión monolítica entre concretos de distintas edades.
- Permite trabajar a bajas temperaturas.
- Listo para usar, no necesita diluir con solventes.
- Fácil de aplicar, con brocha o rodillo.

### **2.2.8.2. Usos**

- Como puente de adherencia entre concreto fresco y concreto antiguo.
- Unión de pre fabricados de concreto.
- Como anclaje (mezclado con arena o cuarzo).
- Extensión de columnas y apoyos de nuevas vigas sobre estructuras antiguas.
- Fijación de los refuerzos estructurales.
- Para reparaciones, de elementos de concreto (tubos y otros).
- Para pegar diversos materiales del mismo tipo o totalmente diferentes como hierro o concreto, fibrocemento, madera y otros.
- Para reparaciones de grietas de volumen en elementos estructurales.
- Para resanar muros de albañilería estructural.

### **2.2.8.3. Certificados / Normas del *Chema Epox Adhesivo 32***

- Cumple la norma ASTM C-881.

### **2.2.9. *Puente de Adherencia, Z Pox 32***

Es una Resina epóxica bicomponente reactiva, por las altas resistencias mecánicas que alcanza, es utilizado como adhesivo estructural entre concretos antiguos y concretos nuevos devolviendo el monolitismo a las estructuras. Excelente como adhesivo para diversos materiales de construcción y por su consistencia viscosa es ideal para aplicaciones en vertical, horizontal o sobre cabeza.

#### **2.2.9.1. Características / Ventajas**

- Fácil aplicación con brocha o rodillo o por gravedad.
- Altas resistencias mecánicas.
- Evita la aparición de juntas frías.
- Puede aplicarse aun en superficies húmedas.
- Resistencia química contra soluciones salinas, aguasresiduales e hidrocarburos.

### **2.2.9.2. Usos**

- Ampliación de viviendas, edificaciones o proyectos de infraestructura.
- Como puente de adherencia entre concreto antiguo y nuevo.
- Reparación de fisuras en losas o pavimentos o estructuras en horizontal.
- Como adhesivo entre diferentes materiales de construcción (concreto, mortero, piedra, acero, madera, vidrio, metal entre otros).
- En la fijación de pernos o varillas de acero en concreto o roca, donde se requiera una puesta de servicio rápida.

### **2.2.9.3. Certificados / Normas del Z Pox 32**

- Cumple la norma ASTM C-881.

## **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 de los agregados para el Diseño de Concreto**

Conformadas por el contenido de humedad, peso específico, peso volumétrico suelto y compactado, porcentaje de absorción y el módulo de fineza.

### **2.3.2. Resistencia Promedio Requerida**

Para el cálculo de  $f'cr$  debe determinarse un factor que depende de la condición de la obra (Excelente, buena, regular o mala), en nuestro caso se ha tomado un factor igual a uno (1), por lo que  $f'cr$  será igual a 280 kg/cm<sup>2</sup>.

## 2.4. NORMAS ASTM

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

### 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/m<sup>3</sup>. 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")***

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. 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. Calcule 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 colocarse 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  $\mu\text{m}$  (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 antes del lavado de conformidad con el método de ensayo C 117. (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 saturar totalmente, se sumerge una muestra de árido en agua durante unas 24 +/- 4 horas. Sacamos la muestra del agua, se seca la superficie de la partícula y se calcula su masa. Luego, utilizamos 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 relativa

(gravedad específica) y la absorción pueden calcularse utilizando las masas 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  $24 \pm 4$  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. Agite la muestra mientras se seca si se utiliza una fuente de calor distinta de un horno de temperatura controlada. (ASTM C566, 1997).

## **2.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **2.5.1. Resistencia a la Compresión Axial**

Está definida como el máximo esfuerzo que el material puede soportar sin romperse y 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 u Hormigón**

Es la mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua con o sin aditivos. El concreto simple, es un concreto estructural sin refuerzo, o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado. (ACI 318, 1999).

### **2.5.3. Puente de Adherencia Sikadur®-32 Gel**

Es un Puente de adherencia epóxico, es decir es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas seleccionadas, libre de solventes, se usa como adhesivo estructural de concreto fresco con concreto endurecido. (SIKA, 2022)

### **2.5.4. Puente de Adherencia Chema Epox Adhesivo 32**

Es un sistema epóxico de dos componentes 100% sólidos, de calidad Premium, usado como puente de adherencia entre concreto fresco y concreto antiguo. (CHEMA, 2022)

### **2.5.5. Puente de Adherencia Z Pox 32**

Resina epóxica bicomponente reactiva, por las altas resistencias mecánicas que alcanza, es utilizado como adhesivo estructural entre concretos antiguos y concretos nuevos. (Z ADITIVOS, 2024)

### **2.5.6. Juntas de construcción**

Son superficies donde se encuentran dos vaciados (vertidos) sucesivos de concreto. Estas se realizan por lo general al final del día de trabajo, pero pueden ser requeridas cuando

el vaciado del concreto es paralizado por un tiempo mayor que el tiempo de fraguado inicial del concreto; en las losas pueden ser diseñadas para permitir el movimiento y/o para transferir cargas. La ubicación de las juntas de construcción debe ser planificada y puede ser deseable lograr la adherencia y la continuidad del refuerzo a través de una junta de construcción. (Joints in concrete construcción, ACI 224.3R).

Las juntas de construcción o también llamadas juntas frías, son evitadas en elementos estructurales que trabajan con esfuerzos importantes de flexión, tracción o cortante.

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. UBICACIÓN DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN

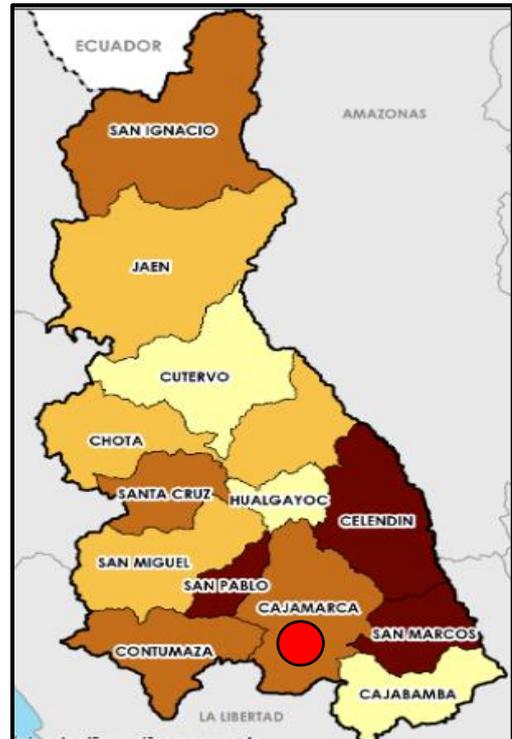
La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de ensayos de materiales (LEM) de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC).

**Figura 7. Mapa de los departamentos del Perú**



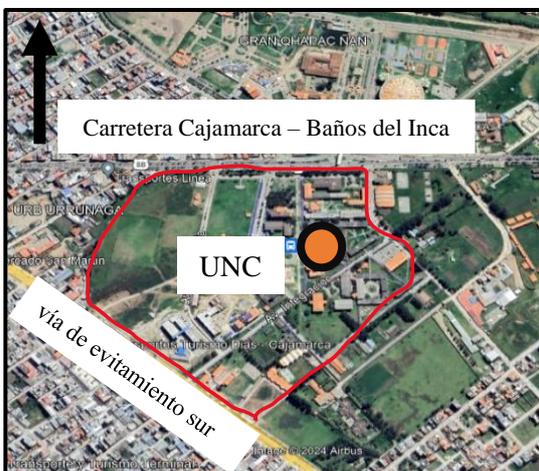
Fuente: freepik.com 2023

**Figura 6. Mapa de provincias de Cajamarca**



Fuente: cgtp.org.pe 2024

**Figura 8. Vista aérea de la UNC**



Fuente: Google Earth 2024

**Tabla 6. Coordenadas del laboratorio de ensayo de materiales de la UNC**

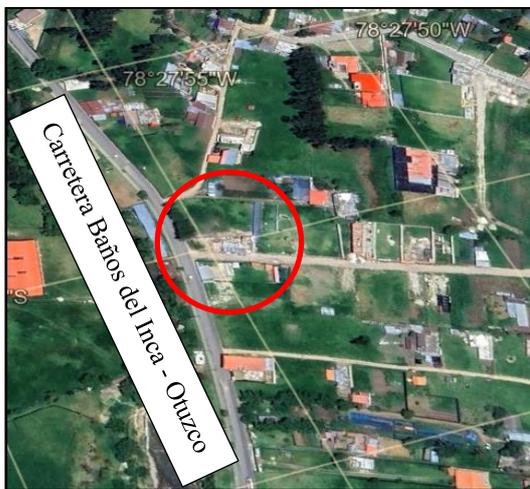
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
Latitud:	7° 10' 02" S
Longitud:	78° 29' 43" O
COORDENADAS UTM	
Norte:	9207010.50 m S
Este:	776635.40 m E

## 3.2. MATERIALES

### 3.2.1. Agregados

Los agregados pertenecen al río Chonta de la cantera Aguilar, que se encuentra en la localidad de Tartar Chico, en el distrito de Los Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca. Las coordenadas de la cantera Aguilar correspondiente a UTM – DATUM WGS 84 – ZONA 17S, se presentan a continuación.

**Figura 9. Vista aérea de la cantera Aguilar**



Fuente: Google Earth pro 2024

**Tabla 7. Coordenadas de la cantera Aguilar**

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
Latitud:	7° 09' 15" S
Longitud:	78° 27' 55" O
COORDENADAS UTM	
Norte:	9208436.90 m S
Este:	779938.90 m E

### 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, se consiguen moliendo el clinker de Tipo I y el yeso juntos para crear el cemento portland de Tipo I. (Cementos Pacasmayo, 2019)

### 3.2.3. Agua

Del laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca.

### 3.2.4. Puente de Adherencia Sikadur®-32 Gel

Es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas seleccionadas, libre de solventes, se usa como adhesivo estructural de concreto fresco con concreto endurecido (SIKA, 2022)

### **3.2.5. *Puente de Adherencia Chema Epox Adherente 32***

Es un sistema epóxico de dos componentes 100% sólidos, de calidad Premium, usado como puente de adherencia entre concreto fresco y concreto antiguo. (CHEMA, 2022)

### **3.2.6. *Puente de Adherencia Z Pox 32***

Resina epóxica bicomponente reactiva, por las altas resistencias mecánicas que alcanza, es utilizado como adhesivo estructural entre concretos antiguos y concretos nuevos. (Z ADITIVOS, 2024)

## **3.3.METODOLOGÍA**

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

**3.3.1.1. Enfoque.** Es cuantitativa porque estamos investigando la resistencia a la compresión axial del concreto, siendo los valores de ésta cuantificable.

**3.3.1.2. Diseño.** Es experimental porque se manipuló la variable epóxicos adherentes.

**3.3.1.3. Tipo.** Es aplicada, porque tuvo por finalidad resolver un problema específico, enfocándose en evaluar la resistencia a compresión de un concreto.

**3.3.1.4. Nivel.** Corresponde a un nivel correlacional, dado que la finalidad de esta investigación 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  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con agregado de río chonta y las probetas de concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con juntas de construcción usuales, con un ángulo de inclinación de 60, con un tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas, utilizando como puente conector los epóxicos adherentes Sikadur®-32 Gel, Chema Epox Adherente 32 y Z Pox 32.

Considerando para los casos de la resistencia de diseño  $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ , para las edades: 7, 14 y 28 días.

### 3.5. MUESTRA

La presente tesis es una investigación científica, por lo que se consideró un muestreo probabilístico. Se realizó el cálculo para hallar el tamaño de la muestra con la siguiente fórmula:

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

En donde:

$n$  = Tamaño de muestra buscado

$Z_{\alpha}$  = 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

Proponemos los valores de:

$Z_{\alpha} = 1.645$

NC = 90 %

$p = 86\%$

$q = 14\%$

$e = 5\%$

Reemplazando estos datos, tenemos:

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

Se obtiene:

$n = 130.32$  probetas

$n = 135$  probetas (aproximamos)

Se realizaron 135 probetas divididas en 4 grupos 1, 2, 3 y 4, con y sin juntas de construcción usuales, con un ángulo de inclinación de 60°, vaciados en diferentes tiempos de formación (4, 6, 8 horas) y ubicadas en la parte central de la probeta. El grupo 1, tiene 27 probetas, que han sido elaboradas con el modelo patrón, (sin juntas de construcción usuales) con tiempos de curado de 7, 14 y 28 días. El grupo 2, tiene 36 probetas, construidas con juntas de construcción usuales con un ángulo de inclinación de 60°, utilizando el puente adherente epóxico Sikadur®-32 Gel, con tiempos de curado de 7, 14 y 28 días. El grupo 3, tiene 36 probetas, construidas con juntas de construcción usuales con un ángulo de inclinación de 60°, utilizando el puente adherente epóxico Chema Epox Adhesivo 32, con tiempos de curado de 7, 14 y 28 días. El grupo 4, tiene 36 probetas, construidas con juntas de construcción usuales con ángulo de inclinación de 60°, usando el puente adherente epóxico Z Pox 32.

**Tabla 8. Número de probetas por grupos**

<b>Característica</b>	<b>GRUPO 1 (Patrón)</b>	<b>GRUPO 2 (Con Sikadur®- 32 Gel)</b>	<b>GRUPO 3 (con Chema Epo Adhesivo 32)</b>	<b>GRUPO 4 (con Z Pox 32)</b>	<b>Sub Total</b>
Probeta con junta a un ángulo de 60°	-	36 probetas	36 probetas	36 probetas	135 probetas
Probetas sin junta	27 probetas	-	-	-	27 probetas
<b>Total</b>					<b>135 probetas</b>

**Tabla 9. Número de probetas y grupos en forma detallada**

PROBETAS CON/SIN JUNTA CONSTRUCCIÓN		CANTIDAD DE PROBETAS POR EDAD DE ROTURA								
		7 días			14 días			28 días		
		4.0 h del llenado	6.0 h del llenado	8.0 h del llenado	4.0 h del llenado	6.0 h del llenado	8.0 h del llenado	4.0 h del llenado	6.0 h del llenado	8.0 h del llenado
Concreto patrón sin junta de construcción	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		9			9			9		
Sikadur®-32 Gel en junta de construcción, con ángulo de 60°	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		12			12			12		
Chema Epox Adhesivo 32 en junta de construcción, con ángulo de 60°	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		12			12			12		
Z Pox 32 en junta de construcción, con ángulo de 60°	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		12			12			12		
<b>TOTAL: 135 PROBETAS</b>										

### 3.6. UNIDAD DE OBSERVACIÓN

Es la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción utilizando epóxicos adherentes.

### 3.7. PROCEDIMIENTO

#### 3.7.1. Primera Etapa: Elección de los Agregados

Debido a que son agregados limpios que cumplen con las características descritas en la NTP para la fabricación de concretos, se ha elegido los agregados del río Chonta, específicamente de la cantera Aguilar.

### ***3.7.2. Segunda Etapa: Elección de los Puentes Adherentes y del Ángulo de Inclinación de las Juntas de Construcción Usuales.***

Se ha considerado como puentes adherentes, los tres epóxicos adhesivos más utilizados en el mercado peruano: Sikadur®-32 Gel, Chema Epox Adhesivo 32 y Z Pox 32. Todos estos epóxicos cumplen con la norma ASTM C-881.

Se ha elegido para la junta de construcción, un ángulo de inclinación de 60° en la parte central de la probeta de concreto, para aproximar el modelo a lo sucedido en el proceso constructivo en obra.

### ***3.7.3. Tercera Etapa: Propiedades de los Agregados y Puente Adherente***

Se realizaron los ensayos necesarios para el diseño de mezcla y comprobar que cumple con los requerimientos de la NTP 400.037. Las propiedades de los epóxicos, se han considerado de sus respectivas fichas técnicas.

### ***3.7.4. Cuarta Etapa: Diseño de Mezclas del Concreto***

El diseño de mezcla se ha elaborado utilizando el método de la combinación de agregados, para una resistencia de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , se ha verificado la consistencia midiendo el asentamiento del concreto fresco en cada tanda (1° tanda; concreto patrón, 2° tanda; concreto con/sin junta de construcción, respectivamente), obteniendo un total de 135 especímenes de concreto.

### ***3.7.5. Quinta Etapa: Curado y Ensayo de Resistencia a la Compresión Uniaxial de las Probetas de Concreto.***

El curado se ha realizado sumergiendo totalmente las probetas de concreto en un pozo con agua hasta el día del ensayo a compresión. Se ha registrado el diámetro, la altura y el peso de todas las probetas antes de ser ensayados para encontrar la resistencia a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días.

### 3.8. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

A continuación, se muestran las tablas con los datos obtenidos en el laboratorio:

#### 3.8.1. Técnica de recolección de datos

Se realizó a través de estudios experimentales.

#### 3.8.2. Instrumentos de recolección de datos

Se ha utilizado el manual de ensayo de materiales del MTC, la NTP, protocolos de los equipos de laboratorio y los formatos para registrar los datos de los ensayos.

#### 3.8.3. Datos obtenidos en el laboratorio

**Tabla 10. Propiedades de los agregados**

<b>Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES "MG. ING. CARLOS ESPARZA DIAZ"</b>		
<b>ENSAYO</b>	<b>Agregado Fino</b>	<b>Agregado Grueso</b>
<b>Contenido de humedad</b>	4.65%	1.59%
<b>Peso específico</b>	2407.68 Kg/m <sup>3</sup>	2506.34 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso volumétrico suelto</b>	1514.72 Kg/m <sup>3</sup>	1434.29 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso volumétrico compactado</b>	1725.20 Kg/m <sup>4</sup>	1650.97 Kg/m <sup>4</sup>
<b>Porcentaje de absorción</b>	1.270%	1.213%
<b>Módulo de Fineza</b>	2.787	-

#### 3.8.4. Diseño de mezcla

**Tabla 11. Cantidad de materiales del diseño de mezcla**

<b>MÉTODO ACI</b>	<b>MATERIALES</b>			
<b>RESISTENCIA 280 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>CEMENTO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>AGUA</b>
<b>CANTIDAD DE MATERIALES</b>	<b>Kg.</b>	<b>Kg.</b>	<b>Kg.</b>	<b>(Litros)</b>
<b>Para 1 m<sup>3</sup></b>	340.83	760.93	935.87	167.75
<b>Para 4 medias probetas</b>	3.98	8.87	10.92	1.96
<b>Para 3 probetas llenas</b>	5.96	13.31	16.37	2.93

### 3.8.5. Resistencia a compresión axial

**Tabla 12. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto patrón a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, que se comparará con las probetas con junta de construcción en un ángulo de 60° y epóxico adherente a 4 horas de formación**

Muestra	M1	M2	M3	PROMEDIO
A 7 días	233.02	224.53	224.21	<b>227.25</b>
A 14 días	324.68	326.08	334.52	<b>328.43</b>
A 28 días	360.66	375.56	381.81	<b>372.68</b>

**Tabla 13. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto patrón a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, que se comparará con las probetas con junta de construcción en un ángulo de 60° y epóxico adherente a 6 horas de formación**

Muestra	M1	M2	M3	PROMEDIO
A 7 días	258.09	259.14	258.72	<b>258.65</b>
A 14 días	343.15	343.97	348.21	<b>345.11</b>
A 28 días	372.30	382.15	364.88	<b>373.11</b>

**Tabla 14. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto patrón a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, que se comparará con las probetas con junta de construcción en un ángulo de 60° y epóxico adherente a 8 horas de formación**

Muestra	M1	M2	M3	PROMEDIO
A 7 días	246.93	230.98	250.12	<b>242.68</b>
A 14 días	324.44	322.22	314.29	<b>320.32</b>
A 28 días	369.64	377.43	334.29	<b>360.45</b>

**Tabla 15. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Sikadur®-32 Gel a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, con tiempo de formación de 4 horas**

Muestra	M1	M2	M3	M4	PROMEDIO
A 7 días	249.40	252.17	242.31	252.32	<b>249.05</b>
A 14 días	389.16	390.68	393.44	373.14	<b>386.61</b>
A 28 días	396.09	411.67	413.70	418.00	<b>409.87</b>

**Tabla 16. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Sikadur®-32 Gel a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, con tiempo de formación de 6 horas**

<b>Muestra</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>A 7 días</b>	265.63	268.42	266.36	259.24	<b>264.91</b>
<b>A 14 días</b>	338.83	366.14	357.64	355.96	<b>354.64</b>
<b>A 28 días</b>	391.66	396.33	419.65	385.98	<b>398.41</b>

**Tabla 17. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Sikadur®-32 Gel a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, con tiempo de formación de 8 horas**

<b>Muestra</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>A 7 días</b>	238.08	246.41	243.84	248.63	<b>244.24</b>
<b>A 14 días</b>	339.33	334.16	338.79	346.55	<b>339.71</b>
<b>A 28 días</b>	360.34	361.27	369.45	338.66	<b>357.43</b>

**Tabla 18. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, con tiempo de formación de 4 horas**

<b>Muestra</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>A 7 días</b>	237.78	219.49	237.73	239.93	<b>233.73</b>
<b>A 14 días</b>	337.32	350.59	334.22	337.96	<b>340.02</b>
<b>A 28 días</b>	404.79	436.90	421.65	433.07	<b>424.10</b>

**Tabla 19. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, con tiempo de formación de 6 horas**

<b>Muestra</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>A 7 días</b>	228.46	223.84	235.58	232.52	<b>230.10</b>
<b>A 14 días</b>	329.12	331.58	344.20	345.98	<b>337.72</b>
<b>A 28 días</b>	395.38	399.81	381.31	410.00	<b>396.63</b>

**Tabla 20. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, con tiempo de formación de 8 horas**

<b>Muestra</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>A 7 días</b>	224.99	231.76	242.12	237.08	<b>233.99</b>
<b>A 14 días</b>	318.57	312.07	314.40	314.22	<b>314.82</b>
<b>A 28 días</b>	252.77	274.82	323.13	300.63	<b>287.84</b>

**Tabla 21. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Z Pox 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, con tiempo de formación de 4 horas**

<b>Muestra</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>A 7 días</b>	240.02	237.43	230.76	232.97	<b>235.30</b>
<b>A 14 días</b>	341.70	340.45	358.94	367.20	<b>352.07</b>
<b>A 28 días</b>	330.60	371.72	359.85	399.96	<b>365.53</b>

**Tabla 22. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Z Pox 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, con tiempo de formación de 6 horas**

<b>Muestra</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>A 7 días</b>	258.25	262.39	262.61	258.12	<b>260.34</b>
<b>A 14 días</b>	341.06	333.32	338.10	357.03	<b>342.38</b>
<b>A 28 días</b>	383.99	380.12	377.27	384.45	<b>381.46</b>

**Tabla 23. Resistencia por probeta y resistencia promedio, a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60°, utilizando el epóxico adherente Z Pox 32 a 7, 14 y 28 días en kg/cm<sup>2</sup>, con tiempo de formación de 8 horas**

<b>Muestra</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>A 7 días</b>	248.18	252.30	249.35	254.46	<b>251.07</b>
<b>A 14 días</b>	313.38	326.86	313.34	322.52	<b>319.03</b>
<b>A 28 días</b>	322.51	340.90	357.01	328.21	<b>337.16</b>

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

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

**Para 4 horas de Formación.** De la Tabla 12 y Tabla 15, se elaboró la siguiente tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación de la resistencia a compresión entre el concreto patrón correspondiente al Grupo 1 y el concreto con puente adherente en juntas de construcción correspondientes al Grupo 2 para 7, 14 y 28 días, para 4 horas de formación.

**Tabla 24. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Sikadur®-32 Gel vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4 horas de formación y su porcentaje de variación**

Edad	4 HORAS		
	Patrón	Sikadur®-32 Gel	Variación (%)
7 días	227.25	249.05	9.59%
14 días	328.43	386.61	17.71%
28 días	372.68	409.87	9.98%
<b>PROMEDIO A 4 HORAS</b>			<b>12.43%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del 9.59%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 17.71% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 9.98%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Sikadur®-32 Gel vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4 horas de formación del 12.43%.

**Para 6 horas de Formación.** De la Tabla 13 y Tabla 16, se presenta la siguiente 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 para 6 horas de formación.

**Tabla 25. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Sikadur®-32 Gel vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 6 horas de formación**

Edad	6 HORAS		
	Patrón	Sikadur®-32 Gel	Variación (%)
7 días	258.65	264.91	2.42%
14 días	345.11	354.64	2.76%
28 días	373.11	398.41	6.78%
<b>PROMEDIO A 6 HORAS</b>			<b>3.99%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del 2.42%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 2.76% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 6.78%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Sikadur®-32 Gel vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 6 horas de formación del 3.99%.

**Para 8 horas de Formación.** De la Tabla 14 y Tabla 17, se presenta la siguiente 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 para 8 horas de formación.

**Tabla 26. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Sikadur®-32 Gel vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 8 horas de formación**

Edad	8 HORAS		
	Patrón	Sikadur®-32 Gel	Variación (%)
7 días	242.68	244.24	0.64%
14 días	320.32	339.71	6.05%
28 días	360.45	357.43	-0.84%
<b>PROMEDIO A 8 HORAS</b>			<b>1.95%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del 0.64%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 6.05% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del -0.84%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Sikadur®-32 Gel vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 8 horas de formación del 1.95%.

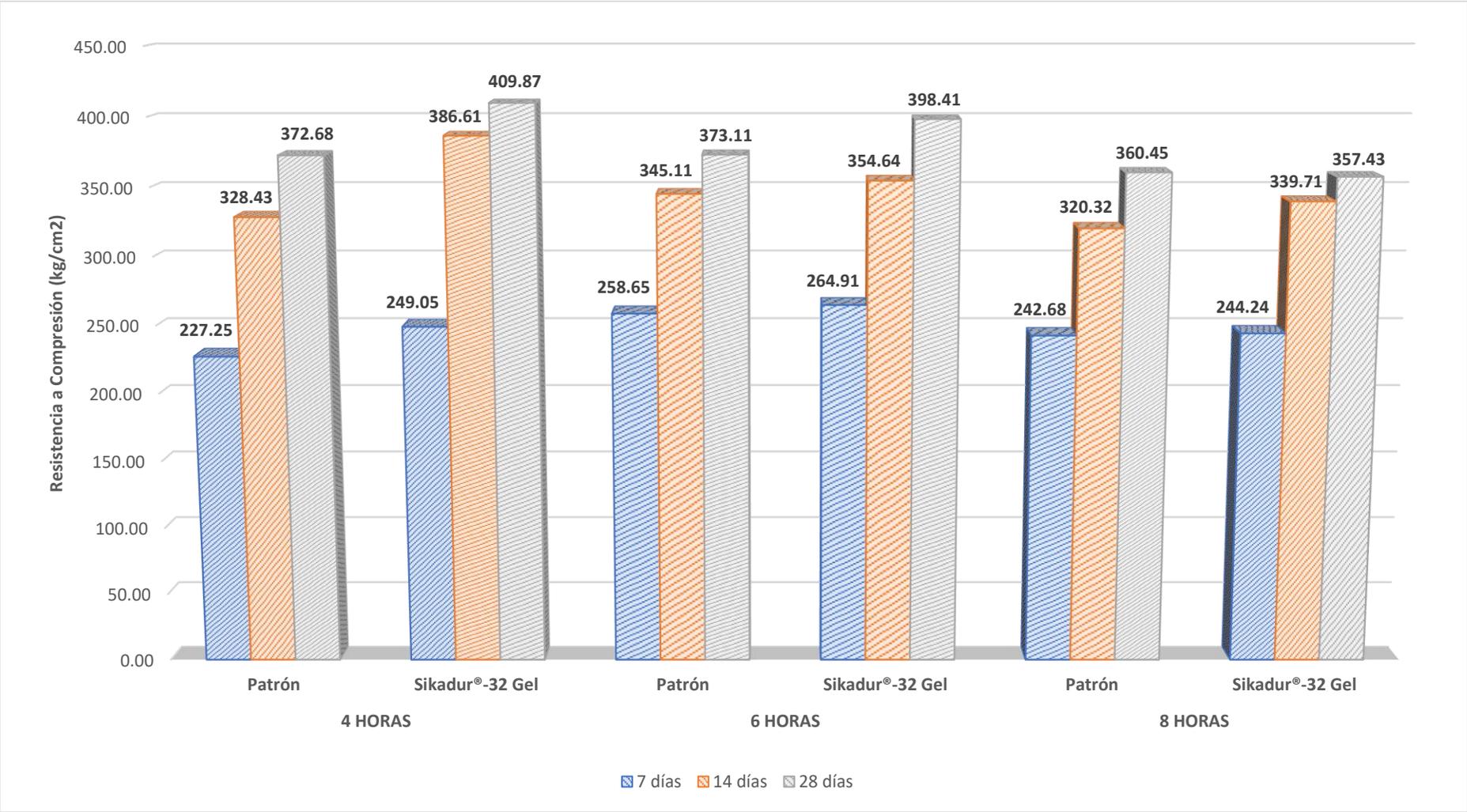
**Variación de la resistencia a compresión del Grupo 1 vs Grupo 2.** De la Tabla 24, Tabla 25 y Tabla 26, se elaboró la siguiente tabla con el promedio de los porcentajes de variación de la resistencia a compresión entre el concreto patrón correspondiente al Grupo 1 y el concreto con puente adherente en juntas de construcción correspondientes al Grupo 2 para 7, 14 y 28 días, para 4, 6 y 8 horas de formación.

**Tabla 27. Variación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Sikadur®-32 Gel vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas**

<b>Edad</b>	<b>4 HORAS</b>	<b>6 HORAS</b>	<b>8 HORAS</b>	<b>PROMEDIO POR DÍA</b>
<b>7 días</b>	9.59%	2.42%	0.64%	<b>4.22%</b>
<b>14 días</b>	17.71%	2.76%	6.05%	<b>8.84%</b>
<b>28 días</b>	9.98%	6.78%	-0.84%	<b>5.31%</b>
<b>PROMEDIO GENERAL DE VARIACIONES (%)</b>				<b>6.12%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del 4.22%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 8.84% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 5.31%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Sikadur®-32 Gel vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4, 6 y 8 horas de formación del 6.12%.

**Figura 10. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Sikadur®-32 Gel vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas**



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

**Para 4 horas de Formación.** De la Tabla 12 y Tabla 18, se elaboró la siguiente tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación de la resistencia a compresión entre el concreto patrón correspondiente al Grupo 1 y el concreto con puente adherente en juntas de construcción correspondientes al Grupo 3 para 7, 14 y 28 días, para 4 horas de formación.

**Tabla 28. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4 horas de formación y su porcentaje de variación**

Edad	4 HORAS		
	Patrón	Chema Epox Adhesivo 32	Variación (%)
7 días	227.25	233.73	2.85%
14 días	328.43	340.02	3.53%
28 días	372.68	424.10	13.80%
<b>PROMEDIO A 4 HORAS</b>			<b>6.73%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del 2.85%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 3.53% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 13.80%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4 horas de formación del 6.73%.

**Para 6 horas de Formación.** De la Tabla 13 y Tabla 19, se elaboró la siguiente tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación de la resistencia a compresión entre el concreto patrón correspondiente al Grupo 1 y el concreto con puente adherente en juntas de construcción correspondientes al Grupo 3 para 7, 14 y 28 días, para 6 horas de formación.

**Tabla 29. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 6 horas de formación**

Edad	6 HORAS		
	Patrón	Chema Epox Adhesivo 32	Variación (%)
7 días	258.65	230.10	-11.04%
14 días	345.11	337.72	-2.14%
28 días	373.11	396.63	6.30%
<b>PROMEDIO A 6 HORAS</b>			<b>-2.29%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del -11.04%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del -2.14% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 6.30%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 6 horas de formación del -2.29%.

**Para 8 horas de Formación.** De la Tabla 14 y Tabla 20, se presenta la siguiente 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 para 8 horas de formación.

**Tabla 30. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 8 horas de formación**

Edad	8 HORAS		
	Patrón	Chema Epox Adhesivo 32	Variación (%)
7 días	242.68	233.99	-3.58%
14 días	320.32	314.82	-1.72%
28 días	360.45	287.84	-20.15%
<b>PROMEDIO A 8 HORAS</b>			<b>-8.48%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del -3.58%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del -1.72% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del -20.15%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 8 horas de formación del -8.48%.

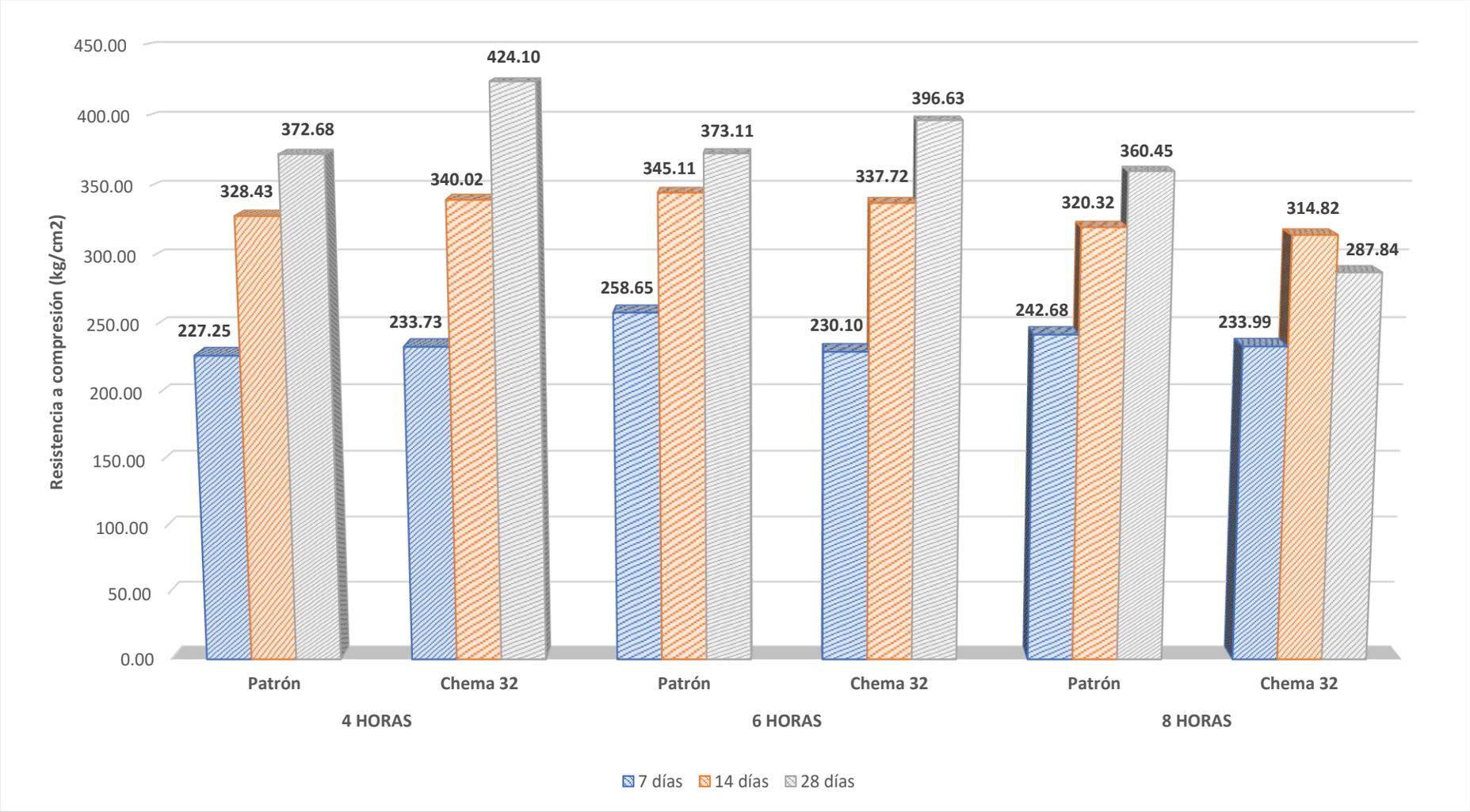
**Variación de la resistencia a compresión del Grupo 1 vs Grupo 3.** De la Tabla 28, Tabla 29 y Tabla 30, se elaboró la siguiente tabla con el promedio de los porcentajes de variación de la resistencia a compresión entre el concreto patrón correspondiente al Grupo 1 y el concreto con puente adherente en juntas de construcción correspondientes al Grupo 3 para 7, 14 y 28 días, para 4, 6 y 8 horas de formación.

**Tabla 31. Variación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas**

<b>Edad</b>	<b>4 HORAS</b>	<b>6 HORAS</b>	<b>8 HORAS</b>	<b>PROMEDIO POR DÍA</b>
<b>7 días</b>	2.85%	-11.04%	-3.58%	<b>-3.92%</b>
<b>14 días</b>	3.53%	-2.14%	-1.72%	<b>-0.11%</b>
<b>28 días</b>	13.80%	6.30%	-20.15%	<b>-0.01%</b>
<b>PROMEDIO GENERAL DE VARIACIONES (%)</b>				<b>-1.35%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del -3.92%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del -0.11% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del -0.01%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4, 6 y 8 horas de formación del -1.35%.

**Figura 11. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas**



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

**Para 4 horas de Formación.** De la Tabla 12 y Tabla 21, se elaboró la siguiente tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación de la resistencia a compresión entre el concreto patrón correspondiente al Grupo 1 y el concreto con puente adherente en juntas de construcción correspondientes al Grupo 4 para 7, 14 y 28 días, para 4 horas de formación.

**Tabla 32. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Z Pox 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4 horas de formación y su porcentaje de variación**

Edad	4 HORAS		
	Patrón	Z Pox 32	Variación (%)
7 días	227.25	235.30	3.54%
14 días	328.43	352.07	7.20%
28 días	372.68	365.53	-1.92%
<b>PROMEDIO A 4 HORAS</b>			<b>2.94%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del 3.54%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 7.20% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del -1.92%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Z Pox 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4 horas de formación del 2.94%.

**Para 6 horas de Formación.** De la Tabla 13 y Tabla 22, se elaboró la siguiente tabla con el promedio de la resistencia a compresión y el porcentaje de variación de la resistencia a compresión entre el concreto patrón correspondiente al Grupo 1 y el concreto con puente adherente en juntas de construcción correspondientes al Grupo 4 para 7, 14 y 28 días, para 6 horas de formación.

**Tabla 33. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Z Pox 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 6 horas de formación**

Edad	6 HORAS		
	Patrón	Z Pox 32	Variación (%)
7 días	258.65	260.34	0.65%
14 días	345.11	342.38	-0.79%
28 días	373.11	381.46	2.24%
<b>PROMEDIO A 6 HORAS</b>			<b>0.70%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del 0.65%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del -0.79% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 2.24%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Z Pox 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 6 horas de formación del 0.70%.

**Para 8 horas de Formación.** De la Tabla 14 y Tabla 20, se presenta la siguiente 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 para 8 horas de formación.

**Tabla 34. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Z Pox 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 8 horas de formación**

Edad	8 HORAS		
	Patrón	Z Pox 32	Variación (%)
7 días	242.68	251.07	3.46%
14 días	320.32	319.03	-0.40%
28 días	360.45	337.16	-6.46%
<b>PROMEDIO A 8 HORAS</b>			<b>-1.14%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del 3.46%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del -0.40% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del -6.46%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Z Pox 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 8 horas de formación del -1.14%.

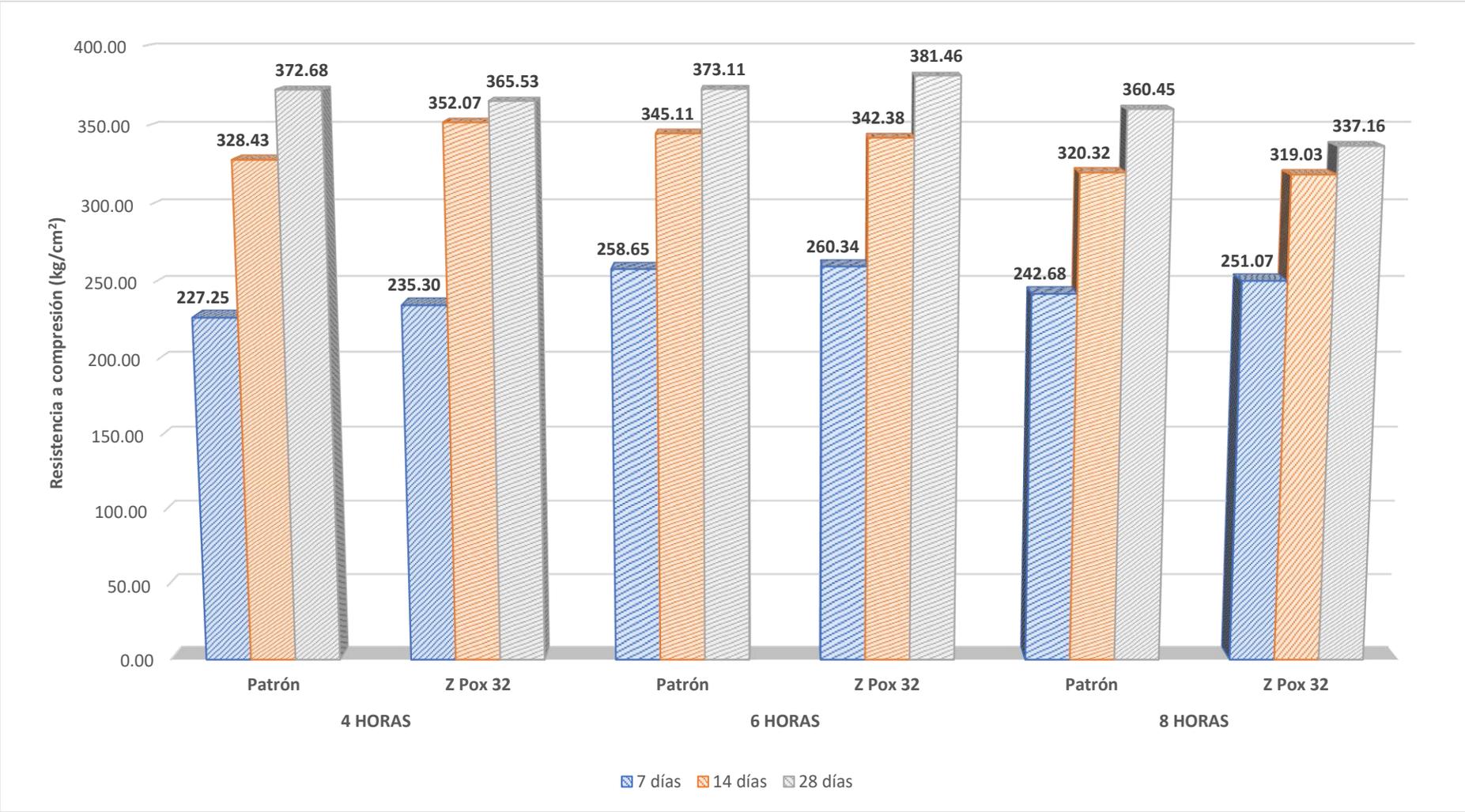
**Variación de la resistencia a compresión del Grupo 1 vs Grupo 4.** De la Tabla 32, Tabla 33 y Tabla 34, se elaboró la siguiente tabla con el promedio de los porcentajes de variación de la resistencia a compresión entre el concreto patrón correspondiente al Grupo 1 y el concreto con puente adherente en juntas de construcción correspondientes al Grupo 3 para 7, 14 y 28 días, para 4, 6 y 8 horas de formación.

**Tabla 35. Variación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Z Pox 32 vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas**

<b>Edad</b>	<b>4 HORAS</b>	<b>6 HORAS</b>	<b>8 HORAS</b>	<b>PROMEDIO POR DÍA</b>
<b>7 días</b>	3.54%	0.65%	3.46%	<b>2.55%</b>
<b>14 días</b>	7.20%	-0.79%	-0.40%	<b>2.00%</b>
<b>28 días</b>	-1.92%	2.24%	-6.46%	<b>-2.05%</b>
<b>PROMEDIO GENERAL DE VARIACIONES (%)</b>				<b>0.83%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del 2.55%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 2.00% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del -2.05%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con Z Pox 32 vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4, 6 y 8 horas de formación del 0.83%.

**Figura 12. Comparación de la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con epóxico adherente Z Pox 32 vs Patrón a 7, 14 y 28 días con tiempo de formación de 4, 6 y 8 horas**



#### 4.1.4. Tabla resumen de resultados

De la Tabla 27, Tabla 31 y Tabla 35, se elaboró la siguiente tabla con el promedio de los porcentajes de variación de la resistencia a compresión entre el concreto patrón correspondiente al Grupo 1 y el concreto con puentes adherentes en juntas de construcción correspondientes al Grupo 2, Grupo 3 y Grupo 4 para 7, 14 y 28 días, para 4, 6 y 8 horas de formación.

**Tabla 36. Resumen de variaciones promedio de resistencia a compresión de probetas con junta de construcción en un ángulo de 60° con los diferentes epóxicos adherentes vs concreto patrón para 7, 14 y 28 días y tiempos de formación de 4, 6 y 8 horas**

Edad	Sikadur®-32 Gel	Chema Epox Adhesivo 32	Z Pox 32	PROMEDIO
7 días	4.22%	-3.92%	2.55%	0.95%
14 días	8.84%	-0.11%	2.00%	3.58%
28 días	<b>5.31%</b>	<b>-0.01%</b>	<b>-2.05%</b>	<b>1.08%</b>
<b>PROMEDIO GENERAL DE EPÓXICOS (%)</b>				<b>1.87%</b>

Para la edad de 7 días presenta una variación en la resistencia a compresión del 0.95%, mientras que para la edad de 14 días presenta una variación en la resistencia del 3.58% y para la edad de 28 días presenta una variación en la resistencia del 1.09%. Teniendo una variación promedio en la resistencia a compresión del concreto con junta de construcción en un ángulo de 60° con los diferentes epóxicos adherentes vs Patrón para 7, 14 y 28 días para 4, 6 y 8 horas de formación del 1.87%.

#### 4.2. CORROBORACIÓN DE HIPÓTESIS

- La resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando diferentes epóxicos adherentes en juntas de construcción usuales, con tiempos de formación de 4, 6, y 8 horas, para los casos de resistencia de diseño con edades de 7, 14 y 28 días, ha generado un aumento del 1.87% con respecto al concreto tradicional y este valor no concuerda con el decremento de 5% indicado como premisa en la hipótesis.

- La utilización del epóxico adherente Sikadur®-32 Gel en las juntas de construcción usuales con resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ; con un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ , en la parte central de la probeta, con tiempos de formación de 4, 6, y 8 horas y con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, para los casos de resistencia de diseño con edades de 7 días, 14 días y 28 días, con respecto al concreto patrón, utilizando cemento portland tipo I, genera un aumento del 6.12% en su resistencia a compresión y este valor, no corresponde a la disminución del 6% indicado como premisa en la hipótesis.
- La utilización del epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32 en las juntas de construcción usuales con resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ; con un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ , en la parte central de la probeta, con tiempos de formación de 4, 6, y 8 horas y con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, para los casos de resistencia de diseño con edades de 7 días, 14 días y 28 días, con respecto al concreto patrón, utilizando cemento portland tipo I, genera una disminución del 1.35% en su resistencia a compresión y este valor, no corresponde a la disminución del 5% indicado como premisa en la hipótesis.
- La utilización del epóxico adherente Z Pox 32 en las juntas de construcción usuales con resistencia a compresión del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ; con un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ , en la parte central de la probeta, con tiempos de formación de 4, 6, y 8 horas y con agregados de la cantera Aguilar del río Chonta, para los casos de resistencia de diseño con edades de 7 días, 14 días y 28 días, con respecto al concreto patrón, utilizando cemento portland tipo I, genera un aumento del 0.83% en su resistencia a compresión y este valor, no corresponde a la disminución del 4% indicado como premisa en la hipótesis.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- La resistencia a compresión del concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando diferentes epóxicos adherentes en juntas de construcción usuales, con un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ , con tiempos de formación de 4, 6, y 8 horas, para el caso de resistencia de diseño con edad de 28 días, ha generado un aumento del 1.08% con respecto al concreto tradicional.
- La variación de la resistencia a compresión del concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , cuando utilizamos el epóxico adherente Sikadur®-32 Gel, en juntas de construcción usuales a un ángulo de inclinación de  $60^\circ$  en la parte central de la probeta, con tiempos de formación de 4, 6 y 8 horas con respecto al concreto patrón es de **5.31%**, a la edad de 28 días.
- La variación de la resistencia a compresión del concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , cuando utilizamos el epóxico adherente Chema Epox Adhesivo 32, en juntas de construcción usuales a un ángulo de inclinación de  $60^\circ$  en la parte central de la probeta, con tiempos de formación de 4, 6 y 8 horas con respecto al concreto patrón es de **-0.01%**, a la edad de 28 días.
- La variación de la resistencia a compresión del concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , cuando utilizamos el epóxico adherente Z Pox 32, en juntas de construcción usuales a un ángulo de inclinación de  $60^\circ$  en la parte central de la probeta, con tiempos de formación de 4, 6 y 8 horas con respecto al concreto patrón es de **-2.05%**, a la edad de 28 días.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones, en donde se considere los esfuerzos de tracción y flexión, dado que los fabricantes de los epóxicos adherentes en sus hojas técnicas muestran que Sikadur®-32 y Z Pox 32 trabajan a flexión, tracción y compresión axial, Chema Epox Adhesivo 32 trabaja a tracción y a compresión axial.
- Realizar investigaciones con diferentes tipos de cemento en estudios posteriores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Maria Teresa Salazar Davila, Jennyfer Rodriguez Rios. (2022). *Análisis de la influencia de juntas frías con y sin aplicación de epóxico adherente en la resistencia a Compresión y flexión de estructuras horizontales y Verticales de concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  – Ucayali*”.

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A. (2020). Cemento Portland Tipo I, sitio web:  
[https://storage.googleapis.com/pacasmayo\\_web/assets/FICHA%20INFORMATIVA%20TIPO%20I%20TIRAYRETIRA%202.0.pdf](https://storage.googleapis.com/pacasmayo_web/assets/FICHA%20INFORMATIVA%20TIPO%20I%20TIRAYRETIRA%202.0.pdf)

Abarca Durand, Jhach Kelving, Pinedo Bayona, Senaida. (2021). *Influencia de juntas frías con diferentes tiempos de formación, en la resistencia a compresión y tracción del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Cusco*

Lau Agurto, Juan Carlos. (2018). *Influencia de productos adherentes para juntas frías en concreto de diferentes edades sobre sus propiedades mecánicas, Trujillo 2018.*

Abarca Durand, Jhach Kelving. (2021). “*Influencia de juntas frías con diferentes tiempos de formación, en la resistencia a compresión y tracción del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*”

### **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.

Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E0.60 (2009). Concreto armado.

## APÉNDICE

### Apéndice A. Datos obtenidos en laboratorio y su procesamiento

**Tabla 37. Contenido de humedad del agregado fino**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”			
Fecha	17/03/24		
Muestra	M1	M2	M3
Peso de Tara (Wt)	590	591	589
Muestra húmeda en tara (Wh+t)	3239	4080	3830
Muestra seca en tara (Ws+t)	3109	3945	3683
Muestra húmeda (Wh)	2649	3489	3241
Muestra seca (Ws)	2519	3354	3094
Peso del agua (Ww)	130	135	147
Contenido de humedad (W%)	5.16	4.03	4.75
Contenido de Humedad Promedio (W%)	4.65		

**Tabla 38. Contenido de humedad del agregado grueso**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”			
Fecha	17/03/24		
Muestra	M1	M2	M3
Peso de Tara (Wt)	1274	1338	1328
Muestra húmeda en tara (Wh+t)	4310	4309	4592
Muestra seca en tara (Ws+t)	4270	4253	4543
Muestra húmeda (Wh)	3036	2971	3264
Muestra seca (Ws)	2996	2915	3215
Peso del agua (Ww)	40	56	49
Contenido de humedad (W%)	1.34	1.92	1.52
Contenido de Humedad Promedio (W%)	1.59		

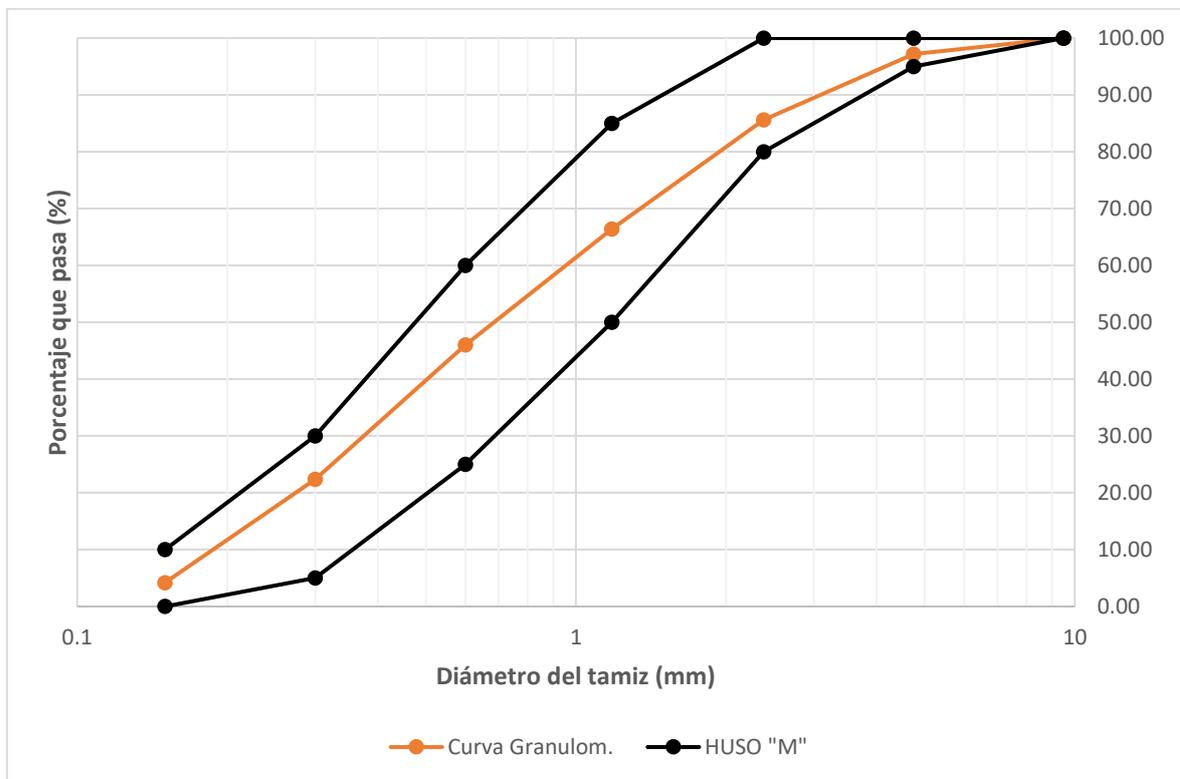
**Tabla 39. Peso específico del agregado fino y agregado grueso**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”						
Fecha	Viernes 08/03/24			Viernes 08/03/24		
Agregado	Grueso			Fino		
Muestra	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Peso seco (Ws)	210	224	180	83	76	72
Peso de fiola con agua (Wfw)	400	400	400	670	672	673
Peso de fiola con agua + muestra (Wfws)	483	490	472	718	717	715
Peso específico (Ys gr /cm <sup>3</sup> )	2.53	2.49	2.50	2.37	2.45	2.40
Peso específico promedio (Ys gr /cm <sup>3</sup> )	2.51			2.41		
Peso específico promedio (Ys kg /m <sup>3</sup> )	2506.34			2407.68		

**Tabla 40. Distribución granulométrica del agregado fino – Muestra 1**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”					
Fecha	Viernes 08/03/24				
Tamaño de muestra (Ws gr.)	500				
Malla	Malla (mm)	PRP	%RP	%RA	%Pasa
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	14	2.80	2.80	97.20
N° 8	2.38	58	11.60	14.40	85.60
N° 16	1.18	96	19.20	33.60	66.40
N° 30	0.6	102	20.40	54.00	46.00
N° 50	0.3	118	23.60	77.60	22.40
N° 100	0.15	91	18.20	95.80	4.20
Total		479			
Módulo de Fineza					2.782

**Figura 13. Curva de distribución granulométrico del agregado fino – HUSO “M” – Muestra 1**

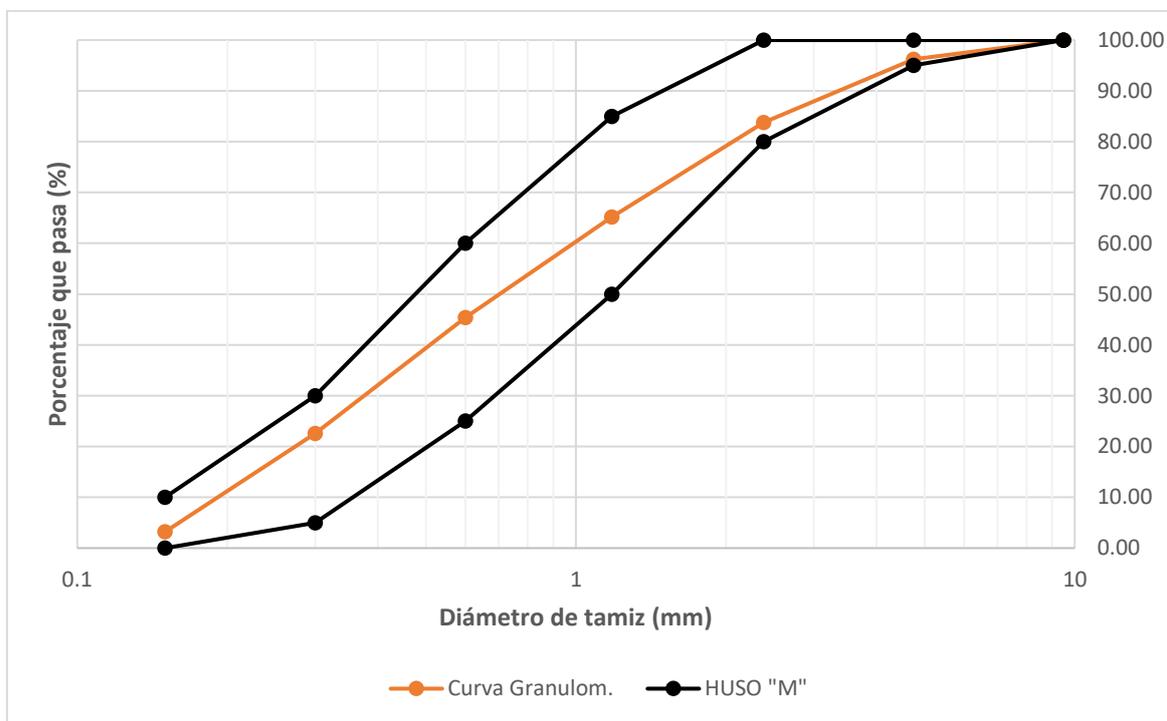


**Tabla 41. Distribución granulométrica del agregado fino – Muestra 2**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”

Fecha	Viernes 08/03/24				
Tamaño de muestra (Ws gr.)	500				
Malla	Malla (mm)	PRP	%RP	%RA	%Pasa
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	19	3.80	3.80	96.20
N° 8	2.38	62	12.40	16.20	83.80
N° 16	1.18	93	18.60	34.80	65.20
N° 30	0.6	99	19.80	54.60	45.40
N° 50	0.3	114	22.80	77.40	22.60
N° 100	0.15	97	19.40	96.80	3.20
Total		484			
Módulo de Fineza					2.836

**Figura 14. Curva de distribución granulométrica del agregado fino – HUSO “M” – Muestra 2**

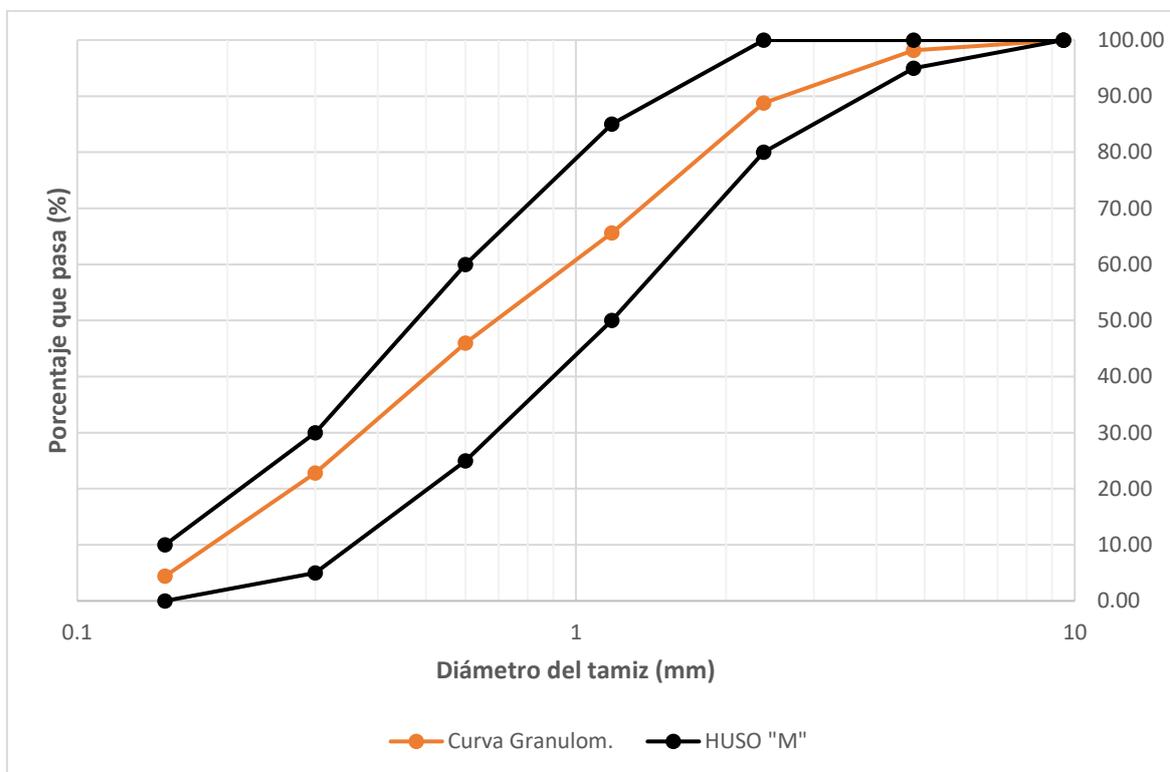


**Tabla 42. Distribución granulométrica del agregado fino – Muestra 3**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”

Fecha		Viernes 08/03/24			
Tamaño de muestra (Ws gr.)		500			
Malla	Malla (mm)	PRP	%RP	%RA	%Pasa
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	9	1.80	1.80	98.20
N° 8	2.38	47	9.40	11.20	88.80
N° 16	1.18	116	23.20	34.40	65.60
N° 30	0.6	98	19.60	54.00	46.00
N° 50	0.3	116	23.20	77.20	22.80
N° 100	0.15	92	18.40	95.60	4.40
Total		478			
		Módulo de Fineza	2.742		
		<b>Módulo de Fineza Promedio</b>	<b>2.787</b>		

**Figura 15. Curva de distribución granulométrica del agregado fino – HUSO “M” – Muestra 3**

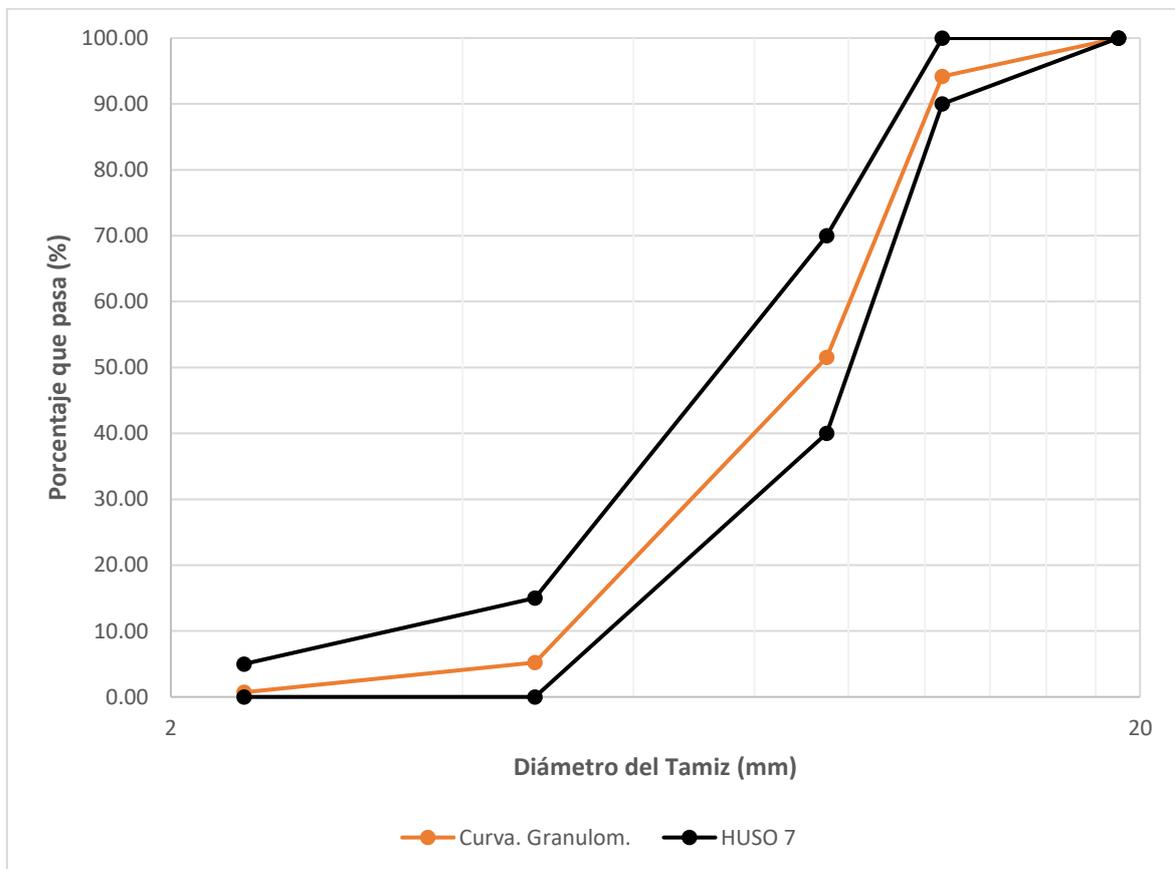


**Tabla 43. Distribución granulométrica del agregado grueso – Muestra 1**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”

Fecha:	Viernes 08/03/24				
Huso:	7				
Tamaño de muestra (Ws gr.)	2000				
Malla	Malla (mm)	PRP	%RP	%RA	%Pasa
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	116	5.80	5.80	94.20
3/8"	9.5	853	42.65	48.45	51.55
N° 4	4.75	927	46.35	94.80	5.20
N° 8	2.38	90	4.50	99.30	0.70
Total		1986			

**Figura 16. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 7 – Muestra 1**

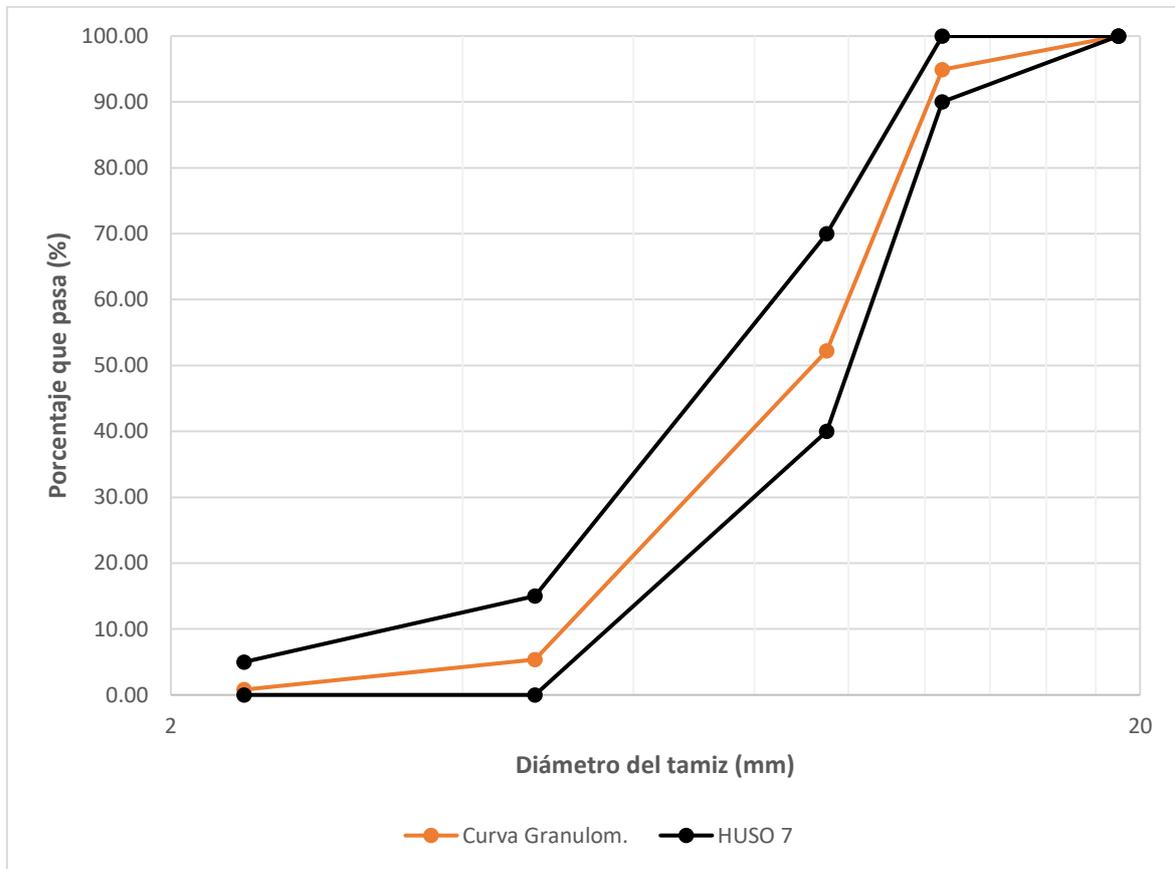


**Tabla 44. Distribución granulométrica del agregado grueso – Muestra 2**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”

Fecha:	Viernes 08/03/24				
Huso:	7				
Tamaño de muestra (Ws gr.)	2000				
Malla	Malla (mm)	PRP	%RP	%RA	%Pasa
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	102	5.10	5.10	94.90
3/8"	9.5	854	42.70	47.80	52.20
N° 4	4.75	937	46.85	94.65	5.35
N° 8	2.38	91	4.55	99.20	0.80
Total		1984			

**Figura 17. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 7 – Muestra 2**

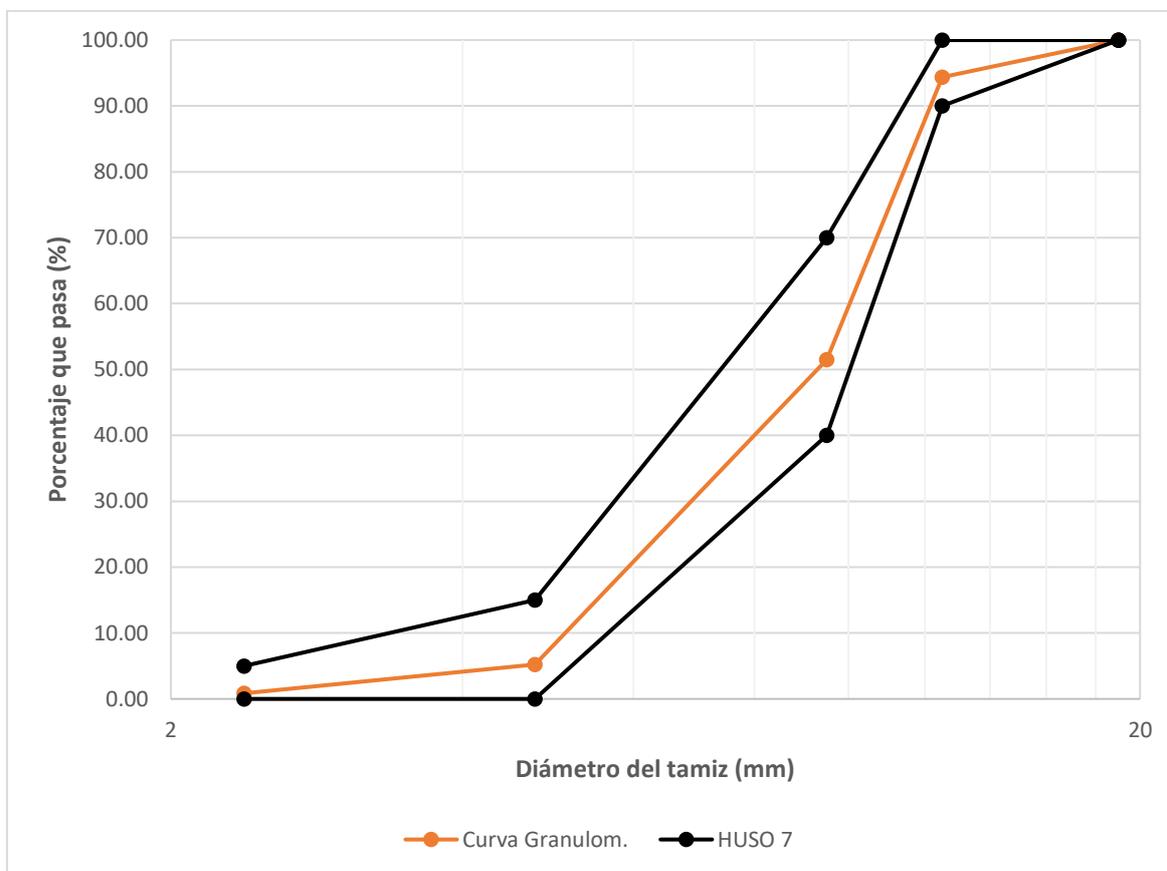


**Tabla 45. Distribución granulométrica del agregado grueso – Muestra 3**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”

Fecha:	Viernes 08/03/24				
Huso:	7				
Tamaño de muestra (Ws gr.)	2000				
Malla	Malla (mm)	PRP	%RP	%RA	%Pasa
3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	113	5.65	5.65	94.35
3/8"	9.5	857	42.85	48.50	51.50
N° 4	4.75	926	46.30	94.80	5.20
N° 8	2.38	87	4.35	99.15	0.85
Total		1983			

**Figura 18. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – HUSO 7 – Muestra 3**



**Tabla 46. Peso volumétrico suelto del agregado fino**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”

Fecha: Lunes 11/03/24

Muestra:	M1	M2	M3
Molde cilíndrico (Wc)	3.876	3.876	3.876
Muestra inalterada + Molde cilíndrico (Wh+c gr.)	8.479	8.519	8.512
Muestra inalterada (Wh gr.)	4.603	4.643	4.636
Volumen del cilindro (Vc)	0.003055	0.003055	0.003055
Peso volumétrico suelto (Pv)	1506.76	1519.85	1517.56
Peso volumétrico suelto promedio		1514.72	

**Tabla 47. Peso volumétrico compactado del agregado fino**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”			
Fecha:	Lunes 11/03/24		
Muestra:	M1	M2	M3
Molde cilíndrico (Wc)	3.876	3.876	3.876
Muestra inalterada + Molde cilíndrico (Wh+c gr.)	9.080	9.130	9.229
Muestra inalterada (Wh gr.)	5.204	5.254	5.353
Volumen del cilindro (Vc)	0.003055	0.003055	0.003055
Peso volumétrico suelto (Pv)	1703.49	1719.86	1752.26
Peso volumétrico suelto promedio		1725.20	

**Tabla 48. Peso volumétrico suelto del agregado grueso**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”			
Fecha:	Lunes 11/03/24		
Muestra:	M1	M2	M3
Molde cilíndrico (Wc)	4.200	4.200	4.200
Muestra inalterada + Molde cilíndrico (Wh+c gr.)	17.981	17.680	17.655
Muestra inalterada (Wh gr.)	13.781	13.480	13.455
Volumen del cilindro (Vc)	0.009463	0.009463	0.009463
Peso volumétrico suelto (Pv)	1456.38	1424.57	1421.93
Peso volumétrico suelto promedio		1434.29	

**Tabla 49. Peso volumétrico compactado del agregado grueso**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”			
Fecha:	Lunes 11/03/24		
Muestra:	M1	M2	M3
Molde cilíndrico (Wc)	4.200	4.200	4.200
Muestra inalterada + Molde cilíndrico (Wh+c gr.)	19.635	19.861	19.971
Muestra inalterada (Wh gr.)	15.435	15.661	15.771
Volumen del cilindro (Vc)	0.009463	0.009463	0.009463
Peso volumétrico suelto (Pv)	1631.17	1655.06	1666.68
Peso volumétrico suelto promedio		1650.97	

**Tabla 50. Porcentaje de absorción del agregado fino**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”			
Fecha:	Martes 12/03/24		
Muestra:	M1	M2	M3
Peso de la muestra SSS (A)	500	500	500
Peso de la muestra secada al horno (B)	494.1	493.4	493.7
Porcentaje de absorción $[(A - B) / B] * 100$	1.190	1.340	1.280
Porcentaje de absorción promedio		1.270	

**Tabla 51. Porcentaje de absorción del agregado grueso**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”			
Fecha:	Martes 12/03/24		
Muestra:	M1	M2	M3
Peso de la muestra SSS (A)	3000	3000	3000
Peso de la muestra secada al horno (B)	2963	2965	2964
Porcentaje de absorción [ ( A – B ) / B ] * 100	1.250	1.180	1.210
Porcentaje de absorción promedio	1.213		

Se han realizado nuevos contenidos de humedad de agregado fino y agregado grueso, lo cual, modifica al diseño de mezcla inicial.

***Contenido de humedad del agregado fino***

**Tabla 52. Contenido de humedad del agregado fino para corrección de diseño de mezcla**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”						
Fecha	Martes 19/03/24			Lunes 24/03/24		
Muestra	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Peso de Tara (Wt)	590	591	589	590	591	589
Muestra húmeda en tara (Wh+t)	3628	3843	3685	3577	3991	3928
Muestra seca en tara (Ws+t)	3536	3723	3561	3478	3860	3820
Muestra húmeda (Wh)	3038	3252	3096	2987	3400	3339
Muestra seca (Ws)	2946	3132	2972	2888	3269	3231
Peso del agua (Ww)	92	120	124	99	131	108
Contenido de humedad (W%)	3.12	3.83	4.17	3.43	4.01	3.34
Contenido de Humedad Promedio (W%)	3.71			3.59		

*Contenido de humedad del agregado grueso*

**Tabla 53. Contenido de humedad del agregado grueso para corrección de diseño de mezcla**

Ubicación: LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES “MG. ING. CARLOS ESPARZA DÍAZ”						
Fecha	Martes 19/03/24			Lunes 24/03/24		
Muestra	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Peso de Tara (Wt)	1274	1338	1328	1274	1338	1328
Muestra húmeda en tara (Wh+t)	4850	4731	4764	4729	4570	4397
Muestra seca en tara (Ws+t)	4803	4691	4722	4686	4536	4375
Muestra húmeda (Wh)	3576	3393	3436	3455	3232	3069
Muestra seca (Ws)	3529	3353	3394	3412	3198	3047
Peso del agua (Ww)	47	40	42	43	34	22
Contenido de humedad (W%)	1.33	1.19	1.24	1.26	1.06	0.72
Contenido de Humedad Promedio (W%)	1.25			1.02		

## Apéndice B. Diseño de Mezcla

### 1. DISEÑO DE CONCRETO PATRÓN

**MÉTODO** : ACI – 211

**CANTERA** : Aguilar – Rio Chonta

**FECHA** : 18/03/24

#### A. DATOS

##### i. AGREGADO FINO

Contenido de humedad	4.65 %
Porcentaje de absorción	1.270 %
Módulo de fineza	2.787
Peso volumétrico compactado	1725.20 kg/m <sup>3</sup>
Peso volumétrico suelto	1514.72 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico	2407.68 kg/m <sup>3</sup>

##### ii. AGREGADO GRUESO

Contenido de humedad	1.59 %
Porcentaje de absorción	1.213 %
Tamaño máximo nominal	1/2"
Peso volumétrico compactado	1650.97 kg/m <sup>3</sup>
Peso volumétrico suelto	1434.29 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico	2506.34 kg/m <sup>3</sup>

##### iii. CEMENTO

Tipo	Portland Tipo I – Pacasmayo
Peso específico	3.14 gr/cm <sup>3</sup>

## DISEÑO

### b. Resistencia a compresión ( $f'c$ )

Para el cálculo de la resistencia a compresión, se tomará:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

### c. Asentamiento

Se utilizará la siguiente tabla para determinar el asentamiento requerido. Para este caso la consistencia será plástica.

**Tabla 54. Consistencia y asentamiento**

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

**Fuente: Comité ACI 211**

Por lo tanto, se tendrá:

$$\text{Asentamiento: } 3'' \text{ a } 4''$$

### d. Tamaño máximo nominal

De acuerdo a la granulometría:

$$\text{T.M.N.} = 1/2''$$

### e. Porcentaje de aire

Para encontrar la cantidad de aire atrapado en la mezcla, se usará la tabla siguiente.

**Tabla 55. Contenido de aire**

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

**Fuente: Comité ACI 211**

Por lo tanto, se tendrá:

$$\text{Aire atrapado} = 2.50\%$$

**f. Contenido de agua**

El agua de mezclado dependerá del asentamiento y del tamaño máximo nominal del agregado. En nuestro caso tendremos un Slump de 3” a 4” sin aire incorporado y agregados con perfil redondeado; y con estos datos vamos a la tabla siguiente.

**Tabla 56. Requisitos aproximados de agua de mezclado**

Tamaño	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular	Agregado redondeado	Agregado angular
Máximo del agregado						
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: Comité ACI 211**

De donde:

$$\text{Agua} = 197 \text{ l/m}^3$$

**g. Relación agua/cemento**

Para obtener la relación agua/cemento, se utilizará el valor de la resistencia  $f'_{cr}$  (378 kg/cm<sup>2</sup>) en la tabla siguiente, considerando que no incorporamos intencionalmente aire en la mezcla.

**Tabla 57. Relación agua/cemento**

Resistencia a la compresión a los 28 días f'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	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: Comité ACI 211**

La resistencia promedio en la tabla, no coincide con los valores mostrados en ella, por lo que se interpolará para obtener la relación a/c:

$$\begin{array}{l} 250 \text{ ----- } 0.62 \\ 280 \text{ ----- } a/c \\ 300 \text{ ----- } 0.55 \end{array}$$

Donde:  $a/c = 0.578$

#### **h. Contenido de cemento**

Tenemos la relación a/c: 0.578 y el contenido de agua: 197 l/m<sup>3</sup>, luego la cantidad de cemento se calculará de la siguiente manera:

$$\frac{197}{C} = 0.578$$

$$C = 340.83 \text{ kg.}$$

#### **i. Selección del peso del agregado grueso**

Considerando el módulo de fineza del ensayo de análisis granulométrico, se obtendrá el volumen del agregado grueso seco y compactado haciendo uso de la siguiente tabla:

**Tabla 58. 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: Comité ACI 211**

Se interpolará el valor del módulo de fineza calculado en los ensayos:

$$2.60 \text{ ----- } 0.48$$

$$2.787 \text{ ----- } V_{ag}$$

$$2.80 \text{ ----- } 0.46$$

De donde, se obtendrá:

$$V_{ag} = 0.5513$$

A continuación, se calculará el peso del agregado grueso:

$$b = 0.5513 * 1.01213 * b_o$$

Donde:

$b_o$ : peso unitario seco y compactado del agregado grueso

Reemplazando:

$$b = 0.5513 * 1.01213 * 1650.97 \text{ kg/m}^3$$

$$b = 921.22 \text{ kg/m}^3$$

**j. Cálculo del volumen del agregado fino**

Se calculará la cantidad de agregado fino por el método de volúmenes absolutos:

$$\text{Cemento:} \quad 340.83 \text{ kg} / 3140 \text{ kg/m}^3 \quad = 0.109 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua:} \quad 197 \text{ l} / 1000 \text{ l/m}^3 \quad = 0.197 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire:} \quad 2.5 / 100 \quad = 0.025 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso:} \quad 921.22 \text{ kg} / 2506.34 \text{ kg/m}^3 \quad = 0.368 \text{ m}^3$$

Sumando estos valores se tendrá:

$$\text{Volumen absoluto exceptuando el agregado fino} \quad = 0.698 \text{ m}^3$$

Por lo tanto:

$$\text{Agregado fino} = 1 \text{ m}^3 - 0.698 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 0.302 \text{ m}^3$$

**k. Cálculo del peso en estado seco del agregado fino**

$$\text{Peso del agregado fino} = 0.302 \text{ m}^3 * 2407.68 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino} = 727.12 \text{ kg}$$

**l. Presentación del diseño en estado seco**

$$\text{Cemento} \quad : 340.83 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} \quad : 727.12 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} \quad : 921.22 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} \quad : 197 \text{ l}$$

**m. Corrección por humedad de los agregados**

Debido a que el valor de la humedad natural del agregado grueso y fino son diferentes a los valores de absorción, se realizará la corrección por el exceso o déficit de agua en los agregados. Finalmente, la dosificación corregida por humedad será:

$$\text{i. Agregado fino} = 727.12 \text{ kg} * (4.65/100 + 1)$$

$$\text{Agregado fino} = 760.93 \text{ kg}$$

ii. Agregado grueso =  $921.22 \text{ kg} * (1.59/100 + 1)$

Agregado grueso = 935.87 kg

**n. Humedad superficial:**

La humedad superficial se calculará restándole al contenido de humedad el porcentaje de la absorción de los agregados.

i. Agregado fino =  $4.65 \% - 1.27 \%$

Agregado fino = 3.38 %

ii. Agregado grueso =  $1.59 \% - 1.213 \%$

Agregado grueso = 0.377 %

**o. Aporte de agua a la mezcla**

El aporte del agua de los agregados a la mezcla se calculará multiplicando el porcentaje de humedad superficial por el peso de cada agregado.

i. Agua del agregado fino =  $(3.38 / 100) * 760.93 \text{ kg}$

Agua del agregado fino = 25.719 l

ii. Agua del agregado grueso =  $(0.377 / 100) * 935.87 \text{ kg}$

Agua del agregado grueso = 3.528 l

iii. Se acumularán las cantidades de agua que dona cada agregado.

Aporte de agua total a la mezcla: 29.247 l

**p. Agua efectiva**

El agua efectiva de diseño se obtendrá de la diferencia entre el agua obtenida inicialmente y el aporte de agua total de los agregados a la mezcla.

Agua efectiva =  $197 - 29.247 = 167.753 \text{ l}$

**q. Proporcionamiento del diseño**

A continuación, se mostrarán las cantidades en peso de los materiales para la mezcla por cada metro cúbico.

**Tabla 59. Cantidades en peso por cada m<sup>3</sup>**

MÉTODO	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	MATERIALES (kg/m <sup>3</sup> )			
		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
ACI	280.00	340.83	760.93	935.87	167.75

**r. Cantidades de materiales en peso para llenado**

- i. Se realizará el cálculo de la cantidad de materiales en peso para una tanda de 4 medias probetas. Se tendrá en cuenta el volumen de un cilindro de 6” x 12” (0.0053014 m<sup>3</sup>) y un desperdicio del 10% por probeta.

Cemento = 3.98 kg

Agregado fino = 8.87 kg

Agregado grueso = 10.92 kg

Agua = 1.96 l

- i. Se realizará el cálculo de la cantidad de materiales en peso para una tanda de 3 probetas llenas. Se tendrá en cuenta el volumen de un cilindro de 6” x 12” (0.0053014 m<sup>3</sup>) y un desperdicio del 10% por probeta.

Cemento = 5.96 kg

Agregado fino = 13.31 kg

Agregado grueso = 16.37 kg

Agua = 2.93 l

## Apéndice C. Diseño de mezclas con corrección por humedad

Debido que los contenidos de humedad varían de acuerdo al clima y el tiempo de almacenamiento es que se rectifica el diseño de mezcla patrón.

### *Diseño de Mezcla 01*

Este diseño de mezcla es corregido por el cambio del contenido de humedad que se obtuvo al momento de realizar el diseño. Se trata del diseño para la llenada de las probetas a 14 días (20 de marzo del 2024).

#### **Datos**

##### *Agregado Fino*

Contenido de Humedad 3.71 %

##### *Agregado Grueso*

Contenido de humedad 1.25 %

#### **Diseño**

Se mostrará la tabla de las proporciones del diseño de mezcla, debido a que sólo varía los contenidos de humedad, el resto de datos se mantienen del diseño original.

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

**Tabla 60. Cantidades en peso por cada m<sup>3</sup>**

MÉTODO	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	MATERIALES (kg/m <sup>3</sup> )			
		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
ACI	280.00	340.83	754.10	932.74	178.26

#### *Cantidades de materiales en peso para llenado*

Se realizará el cálculo de la cantidad de materiales en peso para una tanda de 4 medias probetas. Se tendrá en cuenta el volumen de un cilindro de 6" x 12" (0.0053014 m<sup>3</sup>) y un desperdicio del 10% por probeta.

Cemento	= 3.98 kg
Agregado fino	= 8.80 kg
Agregado grueso	= 10.88 kg
Agua	= 2.08 l

Se realizará el cálculo de la cantidad de materiales en peso para una tanda de 3 probetas llenas. Se tendrá en cuenta el volumen de un cilindro de 6" x 12" (0.0053014 m<sup>3</sup>) y un desperdicio del 10% por probeta.

Cemento	= 5.96 kg
Agregado fino	= 13.19 kg
Agregado grueso	= 16.32 kg
Agua	= 3.12 l

### ***Diseño de Mezcla 02***

Este diseño de mezcla es corregido por el cambio del contenido de humedad que se obtuvo al momento de realizar el diseño. Se trata del diseño para la llenada de las probetas a 7 días (25 de marzo del 2024).

#### **Datos**

##### ***Agregado Fino***

Contenido de Humedad                      3.59 %

##### ***Agregado Grueso***

Contenido de humedad                      1.02 %

#### **Diseño**

Se mostrará la tabla de las proporciones del diseño de mezcla, debido a que sólo varía los contenidos de humedad, el resto de datos se mantienen del diseño original.

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

**Tabla 61. Cantidades en peso por cada m<sup>3</sup>**

MÉTODO	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	MATERIALES (kg/m <sup>3</sup> )			
		CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
ACI	280.00	340.83	753.22	930.62	181.32

***Cantidades de materiales en peso para llenado***

Se realizará el cálculo de la cantidad de materiales en peso para una tanda de 4 medias probetas. Se tendrá en cuenta el volumen de un cilindro de 6" x 12" (0.0053014 m<sup>3</sup>) y un desperdicio del 10% por probeta.

Cemento	= 3.98 kg
Agregado fino	= 8.78 kg
Agregado grueso	= 10.85 kg
Agua	= 2.11 l

Se realizará el cálculo de la cantidad de materiales en peso para una tanda de 3 probetas llenas. Se tendrá en cuenta el volumen de un cilindro de 6" x 12" (0.0053014 m<sup>3</sup>) y un desperdicio del 10% por probeta.

Cemento	= 5.96 kg
Agregado fino	= 13.18 kg
Agregado grueso	= 16.28 kg
Agua	= 3.17 l

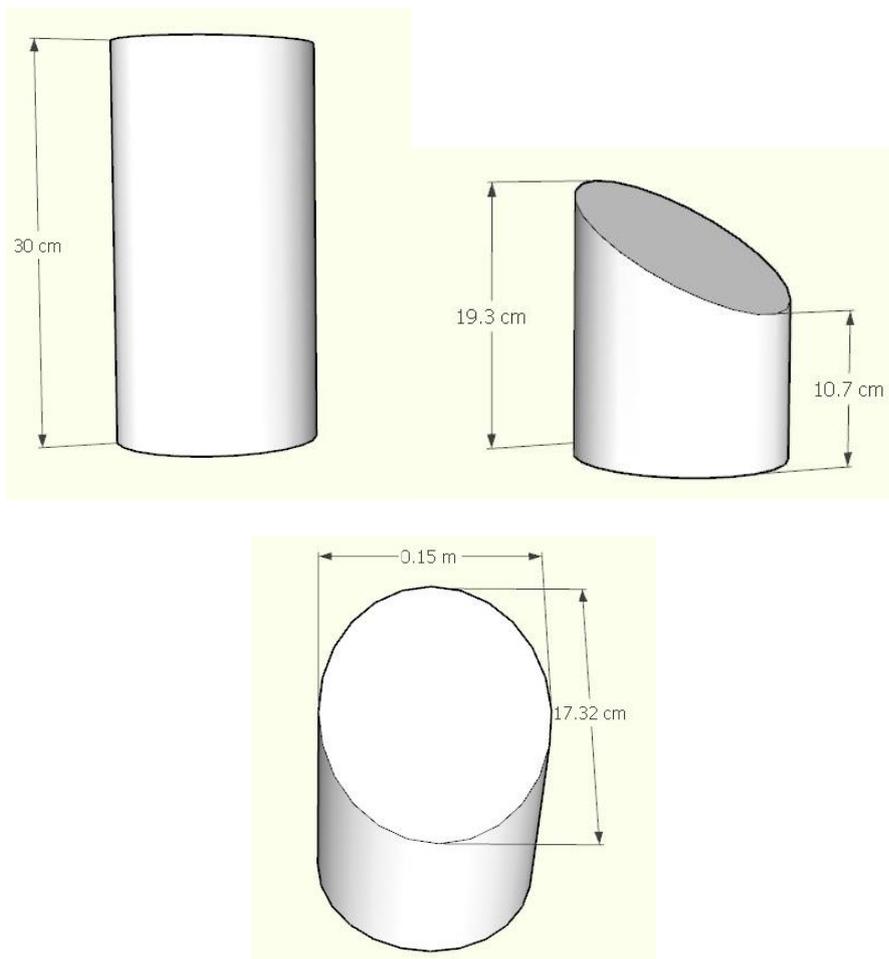
## Apéndice D. Dosificación de epóxico

Para poder pesar la cantidad adecuada de los epóxicos para las juntas de construcción con ángulo de  $60^\circ$ , se debe calcular el área en contacto, puesto que el rendimiento de este es por área y luego multiplicar por las 4 juntas que se realizan en cada tanda.

**Figura 19: Mezcla de Epóxico**



**Figura 20. Vista de la junta de  $60^\circ$**



- **Área de junta de epóxico:** Se calcula el área de la junta para poder usar el puente adherente:

Diámetro mayor de la elipse:  $D = 17.32 \text{ cm}$

Radio mayor de la elipse:  $R = 8.66 \text{ cm}$

Diámetro menor de la elipse:  $d = 15 \text{ cm}$

Radio menor de la elipse:  $r = 7.50 \text{ cm}$

Área de la elipse en ángulo de  $60^\circ$ :

$$A = \pi * r * R$$

$$A = 3.14159 * 7.50 \text{ cm} * 8.66 \text{ cm}$$

$$A = 221.86 \text{ cm}^2$$

$$A = \mathbf{0.022186 \text{ m}^2}$$

- **Rendimiento de Adherente:** Vemos según ficha técnica que los datos son:

Rendimiento:  $Ren = 0.5 \text{ kg} / \text{m}^2$

$$Ren = 2 \text{ m}^2 / \text{kg}$$

Proporción: Parte A = 2    Parte B = 1

Total, de contenido = 1 kg

- **Cálculo de Peso de Adherente:** Vamos a calcular el peso para las 4 juntas que se realizan por tanta, teniendo en cuenta un 10% de desperdicio por cada una de las juntas:

$$\text{Área 4 juntas} = 4.4 * 0.022186 \text{ m}^2$$

$$\text{Área 4 juntas} = \mathbf{0.097618 \text{ m}^2}$$

Peso para las 4 juntas:

$$\frac{0.5 \text{ kg}}{X} = \frac{1 \text{ m}^2}{0.097618 \text{ m}^2}$$

$$\text{Peso 4 juntas} = \frac{0.097618 \text{ m}^2 \times 0.5 \text{ kg}}{1 \text{ m}^2}$$

$$\text{Peso 4 juntas} = 0.048809 \text{ kg}$$

$$\text{Peso 4 juntas} = \mathbf{48.81 \text{ gr}}$$

Calculamos el peso para la parte A que es en relación 2:

$$\text{Peso Parte A} = \frac{48.81 \text{ gr} * 2}{3}$$

$$\text{Peso Parte A} = \mathbf{32.54 \text{ gr}}$$

Calculamos el peso para la parte B que es en relación 1:

$$\text{Peso Parte B} = \frac{48.81 \text{ gr} * 1}{3}$$

$$\text{Peso Parte B} = \mathbf{16.27 \text{ gr}}$$

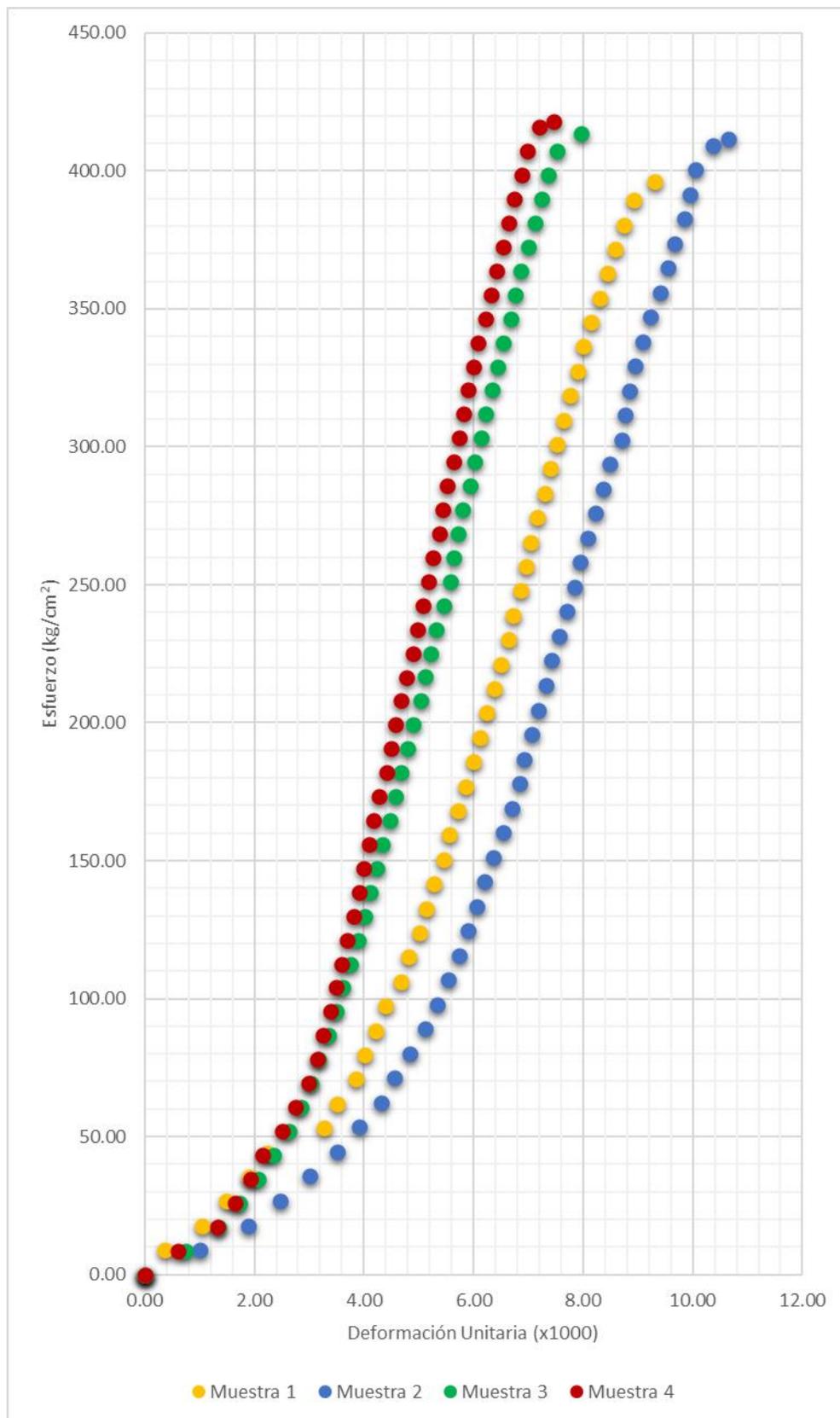
**Apéndice E. Diagramas de Esfuerzo vs Deformación Unitaria**

**Tabla 62. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 4 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)						
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.36	8.85	1.00	8.90	0.74	8.66	0.61	8.66
1.05	17.70	1.89	17.80	1.36	17.33	1.32	17.33
1.49	26.55	2.47	26.70	1.73	25.99	1.64	25.99
1.90	35.40	3.00	35.60	2.07	34.66	1.93	34.65
2.23	44.26	3.50	44.50	2.34	43.32	2.14	43.32
3.27	53.11	3.92	53.41	2.63	51.98	2.51	51.98
3.52	61.96	4.31	62.31	2.85	60.65	2.75	60.64
3.85	70.81	4.56	71.21	3.03	69.31	2.99	69.31
4.02	79.66	4.84	80.11	3.17	77.98	3.15	77.97
4.21	88.51	5.12	89.01	3.35	86.64	3.25	86.63
4.40	97.36	5.34	97.91	3.48	95.30	3.38	95.30
4.68	106.21	5.53	106.81	3.62	103.97	3.49	103.96
4.82	115.07	5.73	115.71	3.75	112.63	3.60	112.62
5.01	123.92	5.89	124.61	3.88	121.29	3.70	121.29
5.15	132.77	6.06	133.51	4.02	129.96	3.81	129.95
5.28	141.62	6.20	142.41	4.12	138.62	3.91	138.61
5.45	150.47	6.37	151.32	4.23	147.29	3.99	147.28
5.56	159.32	6.53	160.22	4.34	155.95	4.10	155.94
5.72	168.17	6.70	169.12	4.47	164.61	4.18	164.60
5.86	177.02	6.84	178.02	4.58	173.28	4.28	173.27
6.00	185.88	6.92	186.92	4.68	181.94	4.41	181.93

6.11	194.73	7.06	195.82	4.79	190.61	4.49	190.59
6.25	203.58	7.17	204.72	4.89	199.27	4.57	199.26
6.38	212.43	7.31	213.62	5.03	207.93	4.68	207.92
6.49	221.28	7.42	222.52	5.11	216.60	4.78	216.58
6.63	230.13	7.56	231.42	5.21	225.26	4.89	225.25
6.71	238.98	7.70	240.32	5.32	233.93	4.97	233.91
6.85	247.83	7.84	249.23	5.45	242.59	5.08	242.57
6.96	256.68	7.95	258.13	5.59	251.25	5.18	251.24
7.04	265.54	8.09	267.03	5.64	259.92	5.26	259.90
7.15	274.39	8.23	275.93	5.72	268.58	5.37	268.56
7.29	283.24	8.37	284.83	5.80	277.25	5.45	277.23
7.40	292.09	8.48	293.73	5.93	285.91	5.53	285.89
7.51	300.94	8.70	302.63	6.01	294.57	5.63	294.55
7.65	309.79	8.76	311.53	6.14	303.24	5.74	303.21
7.76	318.64	8.84	320.43	6.22	311.90	5.82	311.88
7.90	327.49	8.95	329.33	6.33	320.56	5.90	320.54
8.01	336.35	9.09	338.23	6.44	329.23	6.00	329.20
8.14	345.20	9.23	347.14	6.54	337.89	6.08	337.87
8.31	354.05	9.40	356.04	6.68	346.56	6.21	346.53
8.45	362.90	9.54	364.94	6.76	355.22	6.32	355.19
8.58	371.75	9.68	373.84	6.86	363.88	6.42	363.86
8.75	380.60	9.84	382.74	7.00	372.55	6.53	372.52
8.91	389.45	9.95	391.64	7.13	381.21	6.64	381.18
9.30	396.09	10.04	400.54	7.24	389.88	6.74	389.85
		10.37	409.44	7.37	398.54	6.87	398.51
		10.65	411.67	7.53	407.20	6.98	407.17
				7.95	413.70	7.19	415.84
						7.45	418.00

**Figura 21. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 4 horas de formación a 28 días**

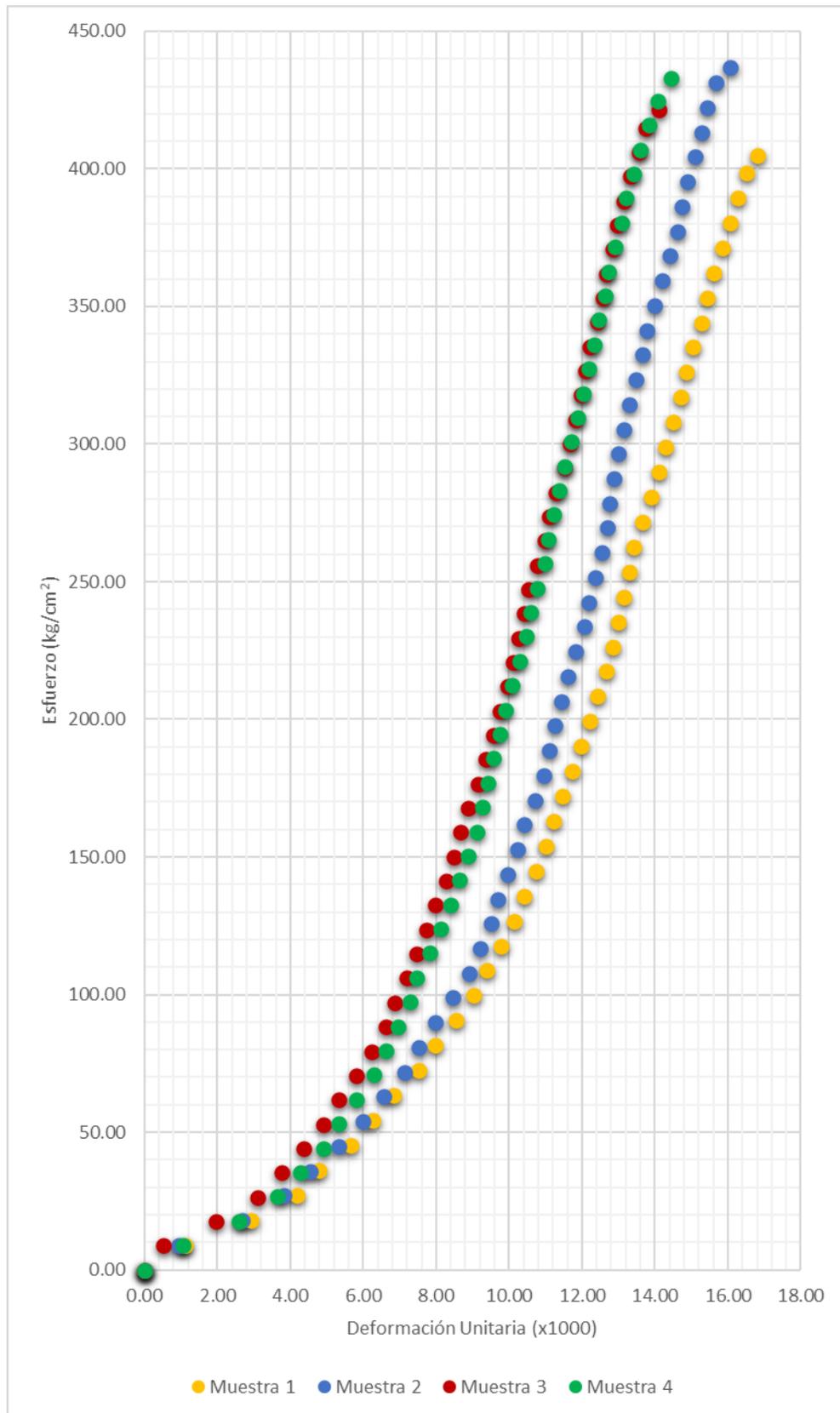


**Tabla 63. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 4 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)						
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.11	9.06	0.95	8.99	0.51	8.83	1.05	8.85
2.92	18.12	2.67	17.97	1.97	17.66	2.59	17.70
4.18	27.18	3.82	26.96	3.10	26.48	3.64	26.55
4.80	36.23	4.53	35.94	3.76	35.31	4.26	35.39
5.64	45.29	5.34	44.93	4.36	44.14	4.92	44.24
6.26	54.35	6.00	53.91	4.90	52.97	5.31	53.09
6.84	63.41	6.57	62.90	5.33	61.80	5.80	61.94
7.52	72.47	7.15	71.88	5.81	70.63	6.28	70.79
7.98	81.53	7.52	80.87	6.24	79.45	6.62	79.64
8.54	90.58	7.98	89.85	6.61	88.28	6.96	88.48
9.04	99.64	8.47	98.84	6.86	97.11	7.27	97.33
9.39	108.70	8.90	107.83	7.21	105.94	7.47	106.18
9.77	117.76	9.21	116.81	7.46	114.77	7.81	115.03
10.15	126.82	9.50	125.80	7.72	123.59	8.13	123.88
10.41	135.88	9.70	134.78	7.98	132.42	8.38	132.73
10.73	144.93	9.96	143.77	8.26	141.25	8.64	141.58
11.00	153.99	10.22	152.75	8.49	150.08	8.87	150.42
11.23	163.05	10.42	161.74	8.66	158.91	9.12	159.27
11.46	172.11	10.70	170.72	8.89	167.74	9.26	168.12
11.73	181.17	10.96	179.71	9.14	176.56	9.41	176.97
11.96	190.23	11.11	188.69	9.37	185.39	9.58	185.82
12.23	199.29	11.25	197.68	9.57	194.22	9.75	194.67

12.43	208.34	11.42	206.67	9.74	203.05	9.89	203.51
12.66	217.40	11.62	215.65	9.97	211.88	10.09	212.36
12.84	226.46	11.82	224.64	10.11	220.70	10.29	221.21
12.99	235.52	12.05	233.62	10.25	229.53	10.46	230.06
13.13	244.58	12.20	242.61	10.40	238.36	10.60	238.91
13.31	253.64	12.37	251.59	10.54	247.19	10.77	247.76
13.42	262.69	12.54	260.58	10.77	256.02	10.97	256.61
13.66	271.75	12.68	269.56	10.97	264.84	11.08	265.45
13.89	280.81	12.77	278.55	11.11	273.67	11.22	274.30
14.10	289.87	12.88	287.53	11.28	282.50	11.37	283.15
14.30	298.93	13.00	296.52	11.51	291.33	11.54	292.00
14.51	307.99	13.14	305.51	11.68	300.16	11.71	300.85
14.71	317.05	13.29	314.49	11.82	308.99	11.88	309.70
14.86	326.10	13.49	323.48	11.96	317.81	12.02	318.54
15.03	335.16	13.66	332.46	12.11	326.64	12.19	327.39
15.27	344.22	13.77	341.45	12.22	335.47	12.33	336.24
15.44	353.28	13.97	350.43	12.42	344.30	12.45	345.09
15.62	362.34	14.20	359.42	12.56	353.13	12.64	353.94
15.85	371.40	14.41	368.40	12.68	361.95	12.73	362.79
16.06	380.45	14.61	377.39	12.85	370.78	12.90	371.64
16.26	389.51	14.75	386.37	12.96	379.61	13.10	380.48
16.52	398.57	14.89	395.36	13.16	388.44	13.21	389.33
16.82	404.79	15.09	404.34	13.33	397.27	13.41	398.18
		15.27	413.33	13.56	406.10	13.61	407.03
		15.44	422.32	13.76	414.92	13.84	415.88
		15.67	431.30	14.10	421.65	14.07	424.73
		16.07	436.90			14.43	433.07

**Figura 22. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 4 horas de formación a 28 días**

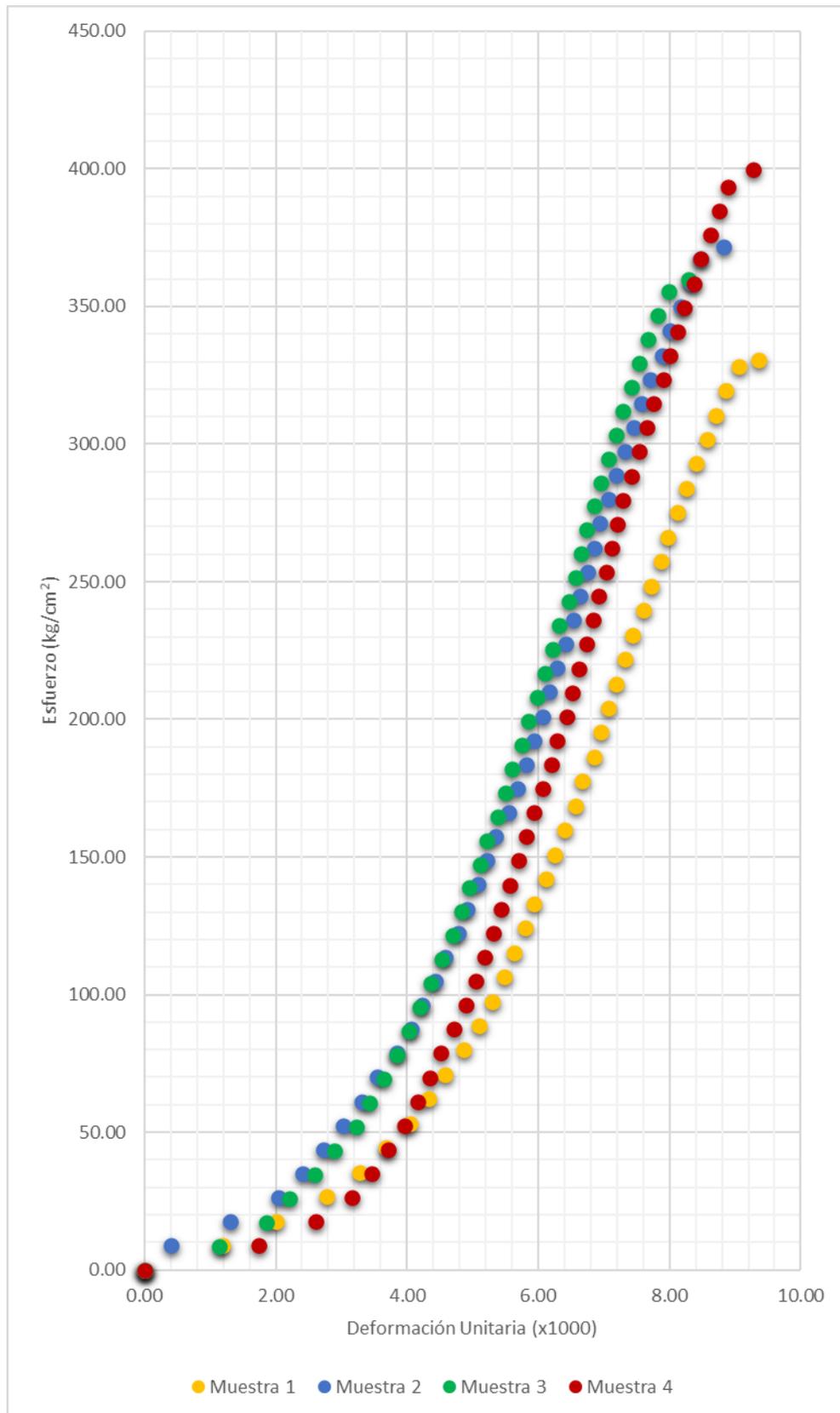


**Tabla 64. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 4 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.19	8.88	0.41	8.75	1.13	8.67	1.75	8.74
2.01	17.75	1.31	17.49	1.85	17.34	2.60	17.48
2.77	26.63	2.05	26.24	2.21	26.01	3.16	26.23
3.28	35.50	2.40	34.99	2.60	34.68	3.46	34.97
3.68	44.38	2.73	43.73	2.90	43.36	3.71	43.71
4.05	53.25	3.03	52.48	3.23	52.03	3.96	52.45
4.33	62.13	3.30	61.22	3.42	60.70	4.16	61.20
4.58	71.00	3.55	69.97	3.64	69.37	4.35	69.94
4.87	79.88	3.85	78.72	3.84	78.04	4.52	78.68
5.09	88.75	4.07	87.46	4.03	86.71	4.71	87.42
5.29	97.63	4.23	96.21	4.20	95.38	4.90	96.17
5.49	106.50	4.42	104.96	4.36	104.05	5.04	104.91
5.63	115.38	4.59	113.70	4.53	112.72	5.18	113.65
5.80	124.25	4.78	122.45	4.69	121.40	5.32	122.39
5.94	133.13	4.92	131.20	4.83	130.07	5.43	131.13
6.11	142.00	5.08	139.94	4.94	138.74	5.57	139.88
6.25	150.88	5.22	148.69	5.11	147.41	5.71	148.62
6.39	159.75	5.35	157.43	5.22	156.08	5.82	157.36
6.56	168.63	5.54	166.18	5.38	164.75	5.93	166.10
6.68	177.50	5.68	174.93	5.49	173.42	6.07	174.85
6.85	186.38	5.82	183.67	5.61	182.09	6.21	183.59
6.96	195.25	5.93	192.42	5.74	190.76	6.29	192.33

7.07	204.13	6.06	201.17	5.85	199.44	6.43	201.07
7.19	213.01	6.17	209.91	5.99	208.11	6.51	209.82
7.33	221.88	6.28	218.66	6.10	216.78	6.62	218.56
7.44	230.76	6.42	227.41	6.21	225.45	6.73	227.30
7.61	239.63	6.53	236.15	6.32	234.12	6.84	236.04
7.72	248.51	6.64	244.90	6.46	242.79	6.93	244.79
7.87	257.38	6.75	253.64	6.57	251.46	7.04	253.53
7.98	266.26	6.85	262.39	6.65	260.13	7.12	262.27
8.12	275.13	6.94	271.14	6.74	268.80	7.20	271.01
8.26	284.01	7.07	279.88	6.85	277.48	7.29	279.75
8.40	292.88	7.18	288.63	6.96	286.15	7.43	288.50
8.57	301.76	7.32	297.38	7.07	294.82	7.54	297.24
8.71	310.63	7.46	306.12	7.18	303.49	7.65	305.98
8.86	319.51	7.56	314.87	7.29	312.16	7.76	314.72
9.05	328.38	7.70	323.62	7.43	320.83	7.90	323.47
9.36	330.60	7.89	332.36	7.54	329.50	8.01	332.21
		8.00	341.11	7.68	338.17	8.12	340.95
		8.17	349.85	7.81	346.84	8.23	349.69
		8.33	358.60	7.98	355.52	8.37	358.44
		8.47	367.35	8.28	359.85	8.48	367.18
		8.82	371.72			8.62	375.92
						8.76	384.66
						8.89	393.40
						9.28	399.96

**Figura 23. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 4 horas de formación a 28 días**

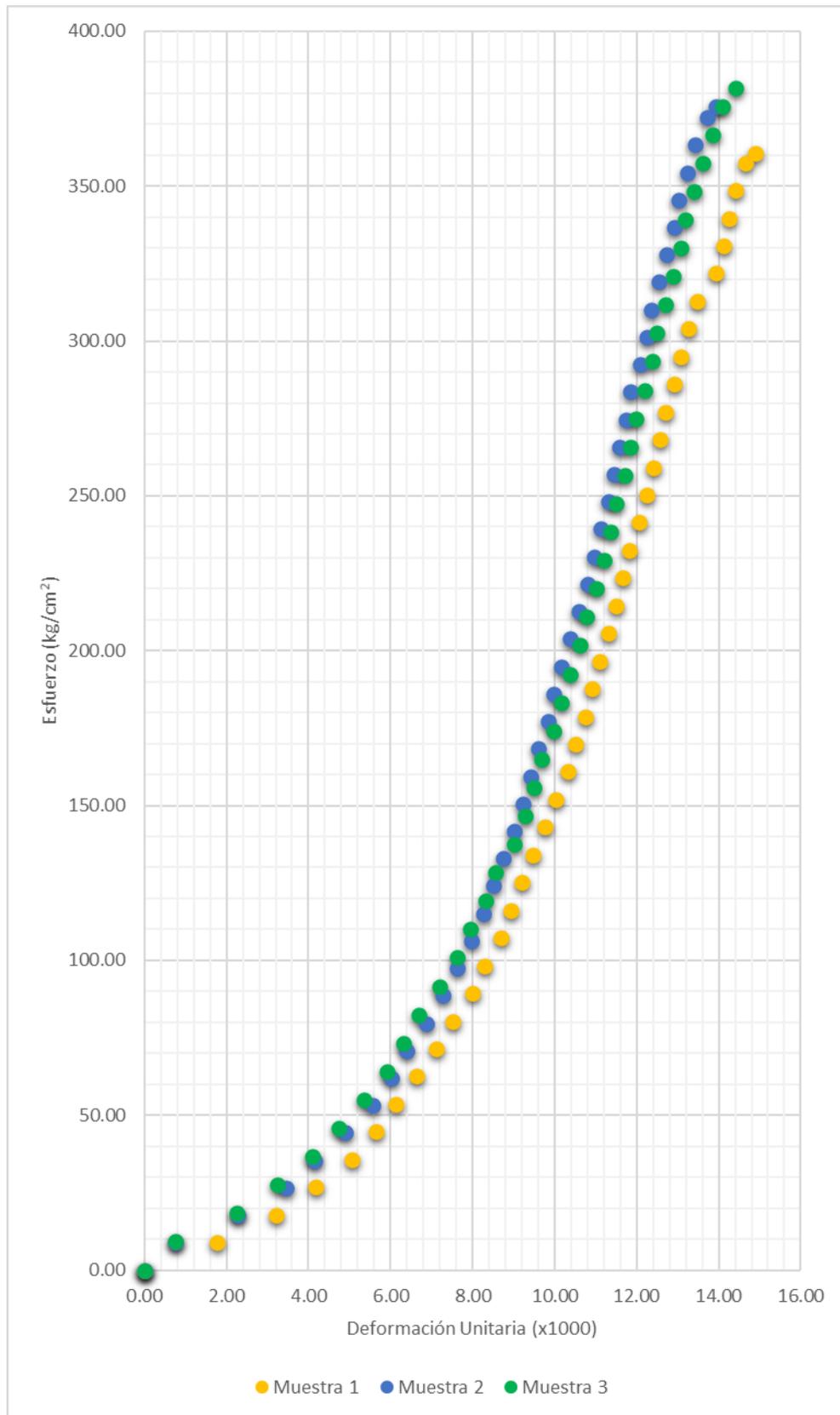


**Tabla 65. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 1 para 4 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.77	8.94	0.75	8.86	0.75	9.17
3.22	17.88	2.27	17.72	2.26	18.34
4.19	26.82	3.44	26.58	3.25	27.50
5.07	35.76	4.16	35.45	4.09	36.67
5.64	44.70	4.91	44.31	4.72	45.84
6.12	53.64	5.57	53.17	5.36	55.01
6.64	62.58	6.03	62.03	5.91	64.17
7.12	71.52	6.40	70.89	6.32	73.34
7.52	80.46	6.89	79.75	6.69	82.51
8.00	89.40	7.29	88.61	7.19	91.68
8.29	98.34	7.63	97.47	7.62	100.85
8.69	107.28	7.98	106.34	7.94	110.01
8.94	116.22	8.26	115.20	8.32	119.18
9.20	125.16	8.49	124.06	8.55	128.35
9.46	134.10	8.75	132.92	9.01	137.52
9.77	143.04	9.01	141.78	9.27	146.68
10.03	151.98	9.24	150.64	9.50	155.85
10.31	160.92	9.41	159.50	9.68	165.02
10.51	169.86	9.61	168.36	9.97	174.19
10.74	178.80	9.84	177.23	10.17	183.36

10.91	187.74	9.98	186.09	10.37	192.52
11.11	196.68	10.16	194.95	10.61	201.69
11.31	205.62	10.39	203.81	10.78	210.86
11.51	214.56	10.59	212.67	11.01	220.03
11.65	223.50	10.82	221.53	11.21	229.19
11.82	232.44	10.96	230.39	11.36	238.36
12.05	241.38	11.13	239.25	11.50	247.53
12.25	250.32	11.30	248.12	11.71	256.70
12.42	259.25	11.45	256.98	11.85	265.87
12.56	268.19	11.59	265.84	11.97	275.03
12.70	277.13	11.73	274.70	12.20	284.20
12.90	286.07	11.85	283.56	12.37	293.37
13.07	295.01	12.08	292.42	12.49	302.54
13.27	303.95	12.25	301.28	12.69	311.70
13.47	312.89	12.37	310.14	12.89	320.87
13.93	321.83	12.54	319.01	13.07	330.04
14.13	330.77	12.74	327.87	13.18	339.21
14.24	339.71	12.91	336.73	13.39	348.38
14.41	348.65	13.03	345.59	13.62	357.54
14.64	357.59	13.23	354.45	13.85	366.71
14.90	360.66	13.43	363.31	14.08	375.88
		13.71	372.17	14.40	381.81
		13.94	375.56		

**Figura 24. Gráfico del esfuerzo y deformación para cada muestra del Grupo 1 para 4 horas de formación a 28 días**

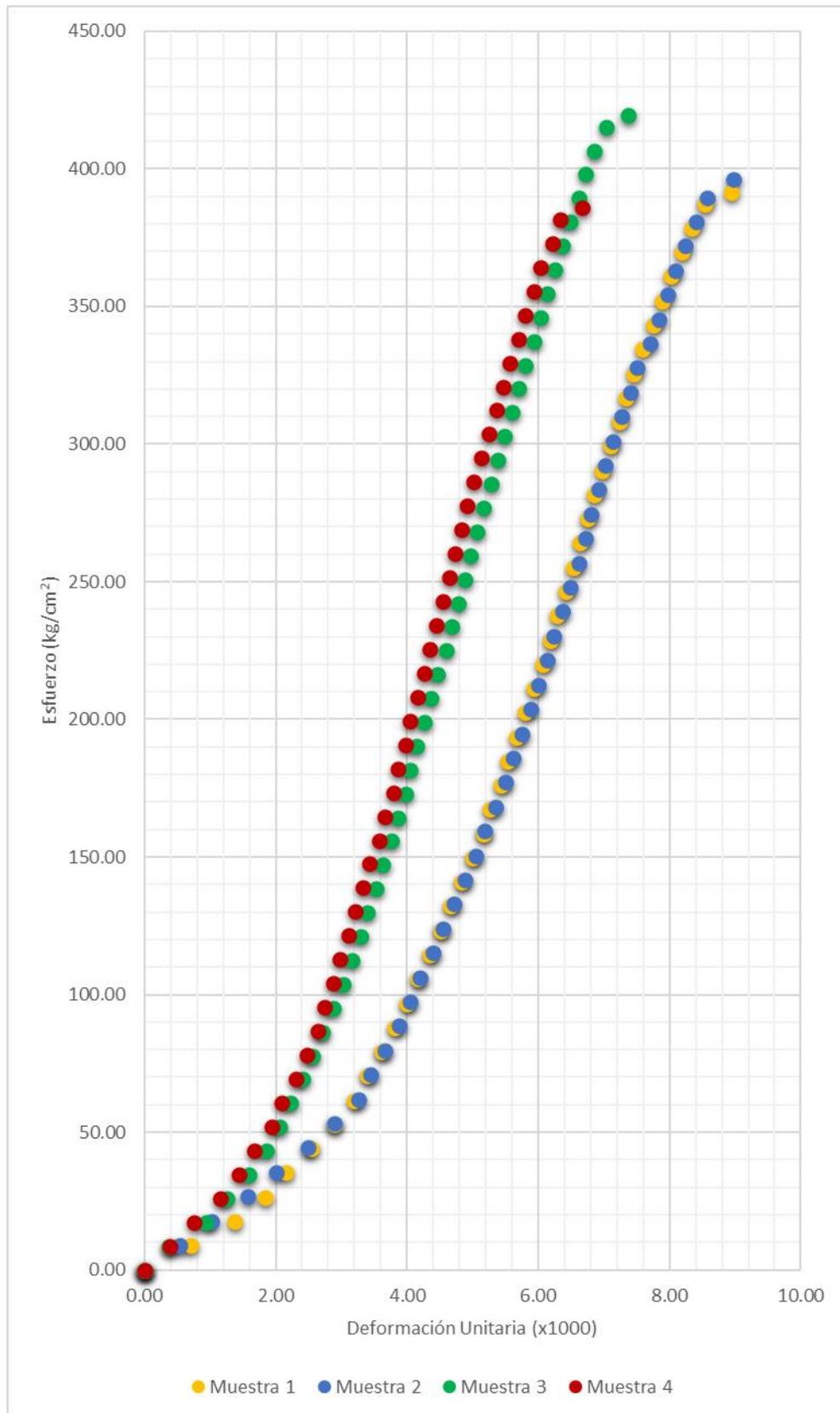


**Tabla 66. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 6 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)						
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.70	8.80	0.54	8.86	0.37	8.65	0.39	8.67
1.38	17.60	1.03	17.71	0.94	17.31	0.76	17.35
1.84	26.40	1.57	26.57	1.25	25.96	1.15	26.02
2.16	35.21	2.01	35.43	1.59	34.61	1.44	34.69
2.54	44.01	2.49	44.28	1.86	43.26	1.67	43.37
2.89	52.81	2.90	53.14	2.06	51.92	1.93	52.04
3.19	61.61	3.25	62.00	2.22	60.57	2.09	60.72
3.40	70.41	3.44	70.85	2.40	69.22	2.30	69.39
3.62	79.21	3.66	79.71	2.56	77.87	2.48	78.06
3.81	88.01	3.88	88.56	2.72	86.53	2.64	86.74
4.00	96.81	4.04	97.42	2.87	95.18	2.75	95.41
4.16	105.62	4.20	106.28	3.03	103.83	2.88	104.08
4.35	114.42	4.39	115.13	3.16	112.48	2.98	112.76
4.51	123.22	4.56	123.99	3.29	121.14	3.11	121.43
4.67	132.02	4.72	132.85	3.40	129.79	3.22	130.10
4.83	140.82	4.88	141.70	3.53	138.44	3.32	138.78
4.99	149.62	5.04	150.56	3.63	147.09	3.42	147.45
5.16	158.42	5.18	159.42	3.76	155.75	3.58	156.12
5.26	167.22	5.34	168.27	3.87	164.40	3.66	164.80
5.43	176.03	5.50	177.13	3.97	173.05	3.79	173.47
5.53	184.83	5.61	185.99	4.05	181.70	3.87	182.15
5.67	193.63	5.75	194.84	4.15	190.36	3.97	190.82

5.80	202.43	5.88	203.70	4.26	199.01	4.05	199.49
5.94	211.23	5.99	212.56	4.36	207.66	4.16	208.17
6.07	220.03	6.13	221.41	4.47	216.31	4.26	216.84
6.18	228.83	6.24	230.27	4.60	224.97	4.34	225.51
6.29	237.63	6.37	239.13	4.68	233.62	4.44	234.19
6.43	246.44	6.48	247.98	4.78	242.27	4.55	242.86
6.53	255.24	6.62	256.84	4.89	250.92	4.65	251.53
6.64	264.04	6.72	265.69	4.96	259.58	4.73	260.21
6.75	272.84	6.81	274.55	5.07	268.23	4.84	268.88
6.86	281.64	6.91	283.41	5.17	276.88	4.92	277.56
6.97	290.44	7.02	292.26	5.28	285.53	5.02	286.23
7.10	299.24	7.13	301.12	5.38	294.19	5.12	294.90
7.24	308.04	7.27	309.98	5.49	302.84	5.25	303.58
7.34	316.85	7.40	318.83	5.59	311.49	5.36	312.25
7.45	325.65	7.51	327.69	5.70	320.14	5.46	320.92
7.59	334.45	7.70	336.55	5.80	328.80	5.57	329.60
7.75	343.25	7.84	345.40	5.93	337.45	5.70	338.27
7.88	352.05	7.97	354.26	6.04	346.10	5.80	346.94
8.02	360.85	8.08	363.12	6.14	354.76	5.93	355.62
8.18	369.65	8.24	371.97	6.24	363.41	6.04	364.29
8.34	378.45	8.41	380.83	6.38	372.06	6.22	372.96
8.53	387.26	8.57	389.69	6.48	380.71	6.33	381.64
8.94	391.66	8.98	396.33	6.61	389.37	6.67	385.98
				6.71	398.02		
				6.85	406.67		
				7.03	415.32		
				7.37	419.65		

**Figura 25. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 6 horas de formación a 28 días**

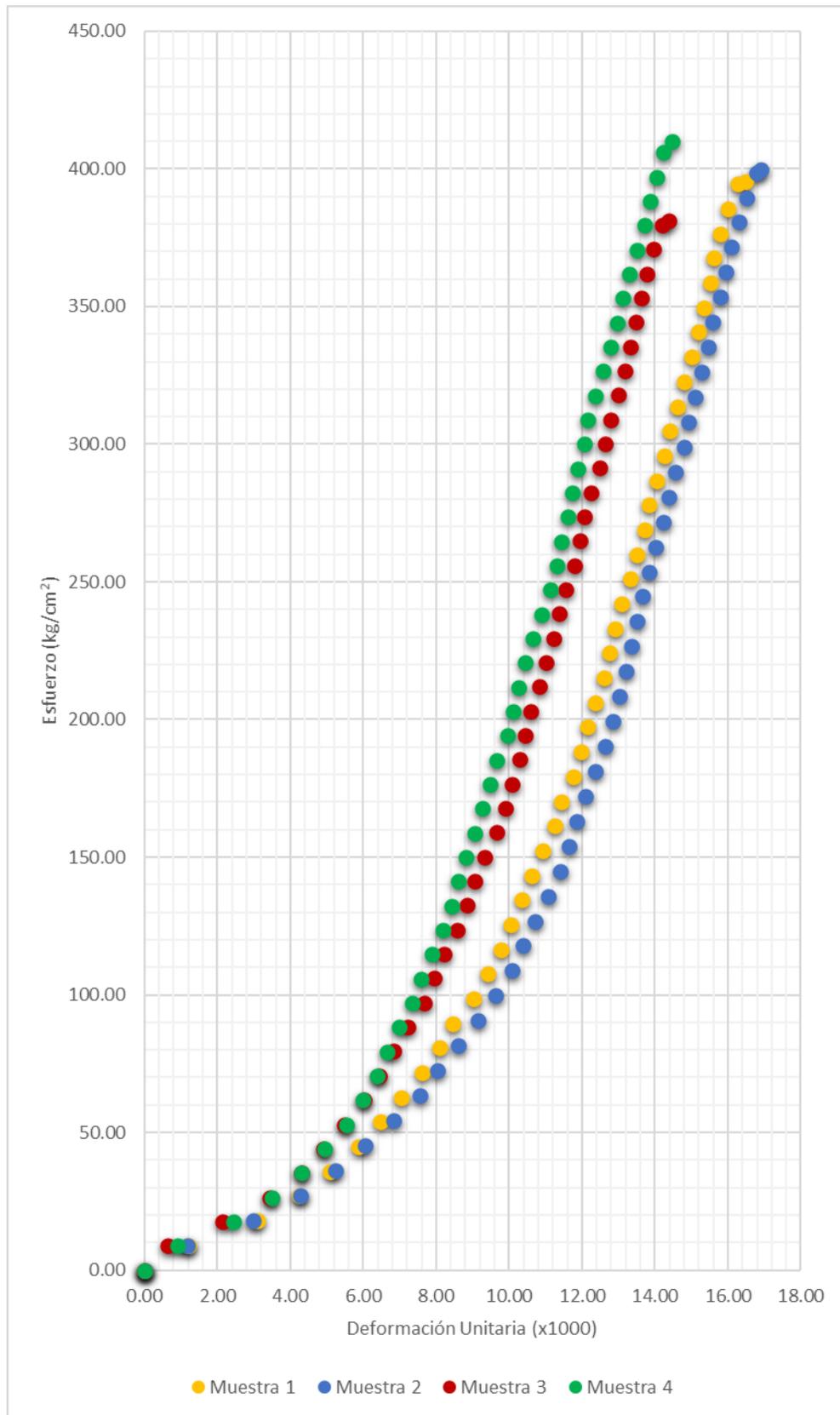


**Tabla 67. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 6 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)						
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.21	8.97	1.19	9.06	0.63	8.83	0.91	8.83
3.09	17.93	2.97	18.12	2.13	17.66	2.44	17.65
4.24	26.90	4.28	27.19	3.43	26.49	3.50	26.48
5.09	35.86	5.23	36.25	4.29	35.32	4.29	35.30
5.88	44.83	6.06	45.31	4.90	44.15	4.95	44.13
6.47	53.80	6.83	54.37	5.48	52.98	5.54	52.95
7.03	62.76	7.55	63.43	6.02	61.81	6.00	61.78
7.62	71.73	8.02	72.50	6.43	70.63	6.37	70.60
8.09	80.69	8.62	81.56	6.83	79.46	6.65	79.43
8.44	89.66	9.15	90.62	7.24	88.29	6.99	88.25
9.03	98.62	9.63	99.68	7.67	97.12	7.33	97.08
9.41	107.59	10.07	108.75	7.96	105.95	7.59	105.90
9.77	116.56	10.37	117.81	8.22	114.78	7.88	114.73
10.06	125.52	10.72	126.87	8.56	123.61	8.19	123.55
10.35	134.49	11.08	135.93	8.85	132.44	8.42	132.38
10.62	143.45	11.41	144.99	9.05	141.27	8.61	141.20
10.91	152.42	11.65	154.06	9.34	150.10	8.81	150.03
11.24	161.39	11.85	163.12	9.66	158.93	9.07	158.85
11.44	170.35	12.09	172.18	9.89	167.76	9.27	167.68
11.77	179.32	12.36	181.24	10.09	176.59	9.47	176.51
11.97	188.28	12.63	190.30	10.29	185.42	9.67	185.33
12.15	197.25	12.83	199.37	10.43	194.25	9.95	194.16

12.36	206.21	13.01	208.43	10.58	203.07	10.12	202.98
12.59	215.18	13.22	217.49	10.84	211.90	10.26	211.81
12.77	224.15	13.37	226.55	11.01	220.73	10.43	220.63
12.91	233.11	13.52	235.62	11.21	229.56	10.66	229.46
13.09	242.08	13.67	244.68	11.39	238.39	10.89	238.28
13.33	251.04	13.84	253.74	11.56	247.22	11.14	247.11
13.50	260.01	14.02	262.80	11.79	256.05	11.32	255.93
13.71	268.98	14.23	271.86	11.93	264.88	11.43	264.76
13.83	277.94	14.38	280.93	12.05	273.71	11.60	273.58
14.06	286.91	14.56	289.99	12.25	282.54	11.74	282.41
14.27	295.87	14.79	299.05	12.48	291.37	11.88	291.23
14.41	304.84	14.91	308.11	12.63	300.20	12.05	300.06
14.62	313.80	15.09	317.17	12.80	309.03	12.17	308.88
14.80	322.77	15.27	326.24	13.00	317.86	12.37	317.71
15.00	331.74	15.45	335.30	13.17	326.68	12.57	326.53
15.18	340.70	15.60	344.36	13.32	335.51	12.79	335.36
15.33	349.67	15.80	353.42	13.49	344.34	12.96	344.19
15.53	358.63	15.95	362.49	13.63	353.17	13.11	353.01
15.62	367.60	16.10	371.55	13.78	362.00	13.31	361.84
15.80	376.57	16.31	380.61	13.95	370.83	13.50	370.66
16.00	385.53	16.52	389.67	14.21	379.66	13.70	379.49
16.27	394.50	16.78	398.73	14.38	381.31	13.87	388.31
16.47	395.38	16.90	399.81			14.04	397.14
						14.24	405.96
						14.47	410.00

**Figura 26. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 6 horas de formación a 28 días**

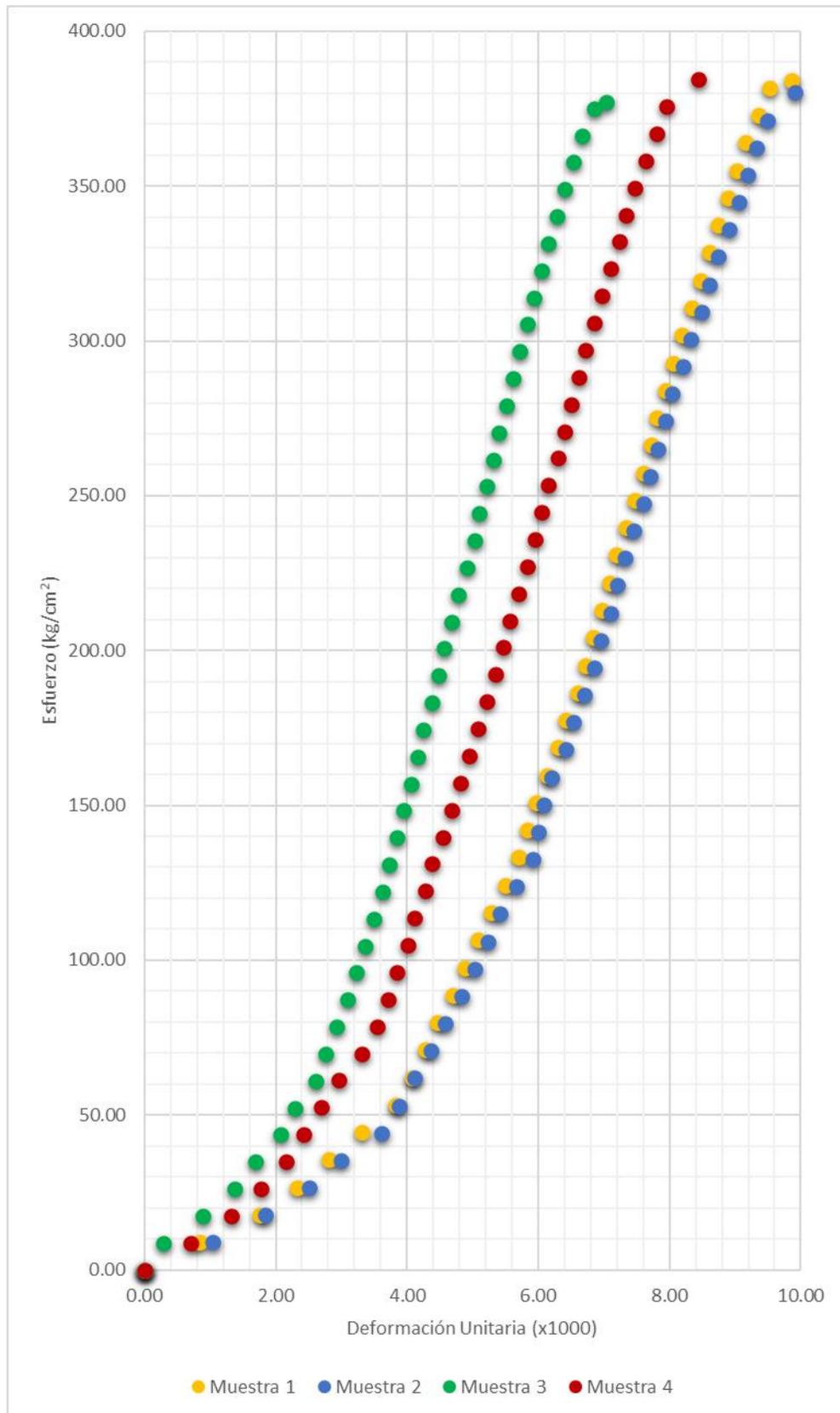


**Tabla 68. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 6 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)						
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.83	8.88	1.03	8.84	0.30	8.72	0.70	8.74
1.75	17.76	1.84	17.68	0.89	17.45	1.32	17.47
2.33	26.63	2.51	26.52	1.37	26.17	1.77	26.21
2.80	35.51	2.99	35.36	1.69	34.89	2.15	34.95
3.30	44.39	3.60	44.20	2.07	43.62	2.42	43.69
3.83	53.27	3.88	53.04	2.28	52.34	2.69	52.42
4.08	62.15	4.11	61.88	2.61	61.06	2.96	61.16
4.28	71.03	4.36	70.72	2.77	69.78	3.31	69.90
4.47	79.90	4.58	79.56	2.93	78.51	3.55	78.64
4.69	88.78	4.83	88.40	3.09	87.23	3.71	87.37
4.89	97.66	5.03	97.24	3.22	95.95	3.85	96.11
5.08	106.54	5.22	106.08	3.36	104.68	4.01	104.85
5.28	115.42	5.42	114.92	3.49	113.40	4.11	113.59
5.50	124.30	5.67	123.76	3.63	122.12	4.28	122.32
5.69	133.17	5.92	132.60	3.73	130.85	4.38	131.06
5.83	142.05	6.01	141.44	3.84	139.57	4.54	139.80
5.97	150.93	6.09	150.28	3.95	148.29	4.68	148.54
6.14	159.81	6.20	159.12	4.06	157.02	4.81	157.27
6.30	168.69	6.42	167.96	4.16	165.74	4.95	166.01
6.42	177.57	6.54	176.80	4.25	174.46	5.08	174.75
6.61	186.44	6.70	185.64	4.38	183.18	5.22	183.49
6.72	195.32	6.84	194.48	4.49	191.91	5.35	192.22

6.83	204.20	6.96	203.32	4.57	200.63	5.46	200.96
6.97	213.08	7.10	212.16	4.68	209.35	5.57	209.70
7.08	221.96	7.21	221.00	4.78	218.08	5.70	218.44
7.19	230.84	7.32	229.84	4.92	226.80	5.84	227.17
7.33	239.71	7.46	238.68	5.02	235.52	5.94	235.91
7.47	248.59	7.60	247.52	5.10	244.25	6.05	244.65
7.61	257.47	7.71	256.36	5.21	252.97	6.16	253.39
7.72	266.35	7.82	265.20	5.32	261.69	6.29	262.12
7.80	275.23	7.93	274.04	5.40	270.42	6.40	270.86
7.94	284.11	8.05	282.88	5.51	279.14	6.51	279.60
8.05	292.98	8.21	291.72	5.62	287.86	6.62	288.34
8.19	301.86	8.32	300.56	5.72	296.59	6.72	297.07
8.33	310.74	8.49	309.40	5.83	305.31	6.86	305.81
8.47	319.62	8.60	318.24	5.94	314.03	6.97	314.55
8.61	328.50	8.74	327.08	6.05	322.75	7.10	323.29
8.75	337.38	8.91	335.92	6.15	331.48	7.23	332.02
8.89	346.25	9.05	344.76	6.29	340.20	7.34	340.76
9.03	355.13	9.19	353.60	6.39	348.92	7.48	349.50
9.16	364.01	9.33	362.44	6.53	357.65	7.64	358.24
9.36	372.89	9.50	371.28	6.66	366.37	7.80	366.97
9.53	381.77	9.92	380.12	6.85	375.09	7.96	375.71
9.86	383.99			7.04	377.27	8.44	384.45

**Figura 27. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 6 horas de formación a 28 días**

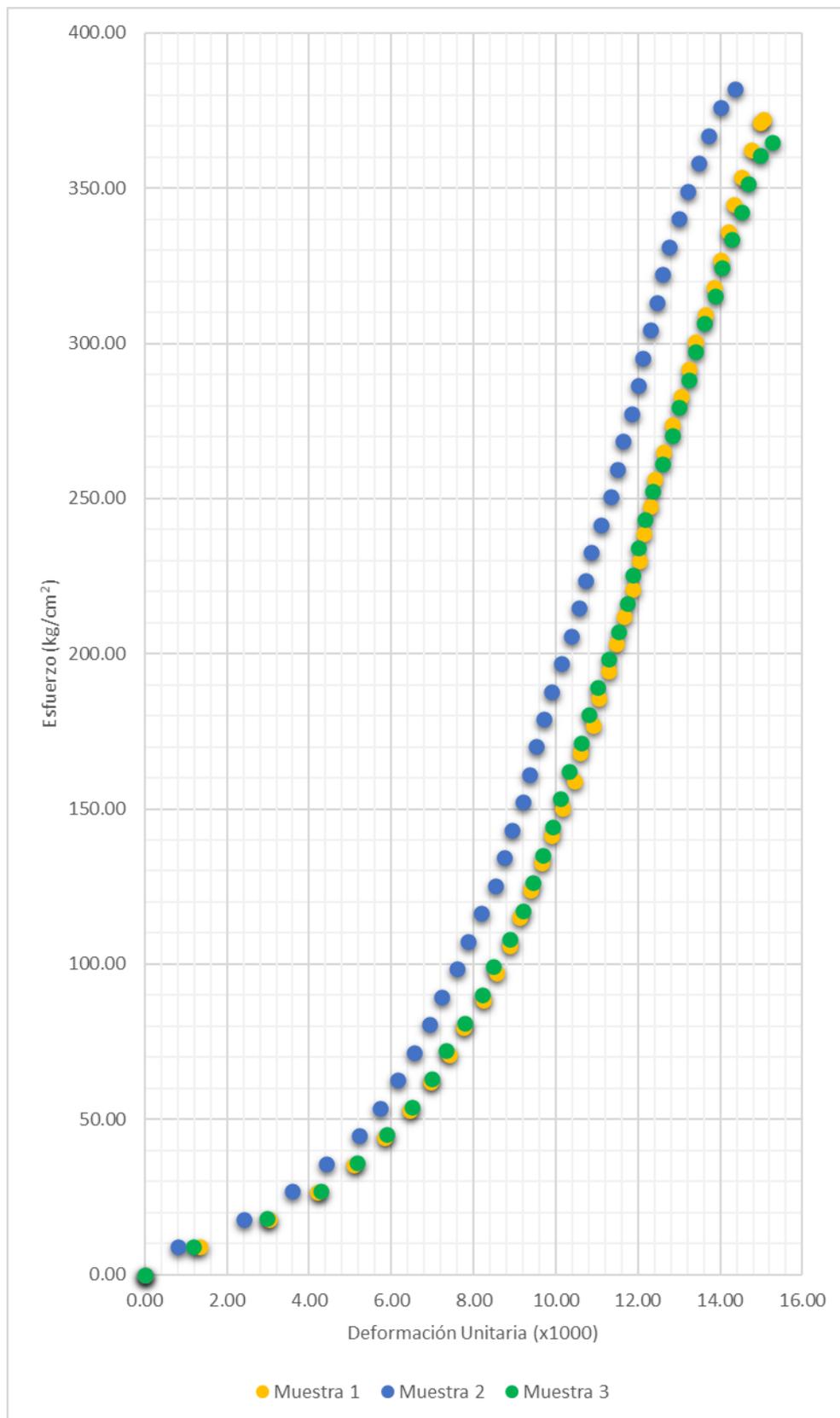


**Tabla 69. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 1 para 6 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.34	8.84	0.82	8.95	1.18	9.01
3.03	17.68	2.42	17.90	2.97	18.02
4.20	26.52	3.60	26.85	4.29	27.03
5.08	35.36	4.41	35.80	5.16	36.05
5.83	44.20	5.23	44.75	5.88	45.06
6.45	53.04	5.74	53.70	6.51	54.07
6.94	61.87	6.16	62.65	6.97	63.08
7.41	70.71	6.55	71.60	7.32	72.09
7.76	79.55	6.92	80.55	7.78	81.10
8.23	88.39	7.23	89.50	8.21	90.12
8.55	97.23	7.59	98.46	8.47	99.13
8.87	106.07	7.87	107.41	8.87	108.14
9.13	114.91	8.18	116.36	9.19	117.15
9.39	123.75	8.52	125.31	9.45	126.16
9.66	132.59	8.75	134.26	9.68	135.17
9.89	141.43	8.94	143.21	9.91	144.19
10.15	150.27	9.20	152.16	10.11	153.20
10.44	159.11	9.36	161.11	10.32	162.21
10.59	167.94	9.53	170.06	10.60	171.22
10.91	176.78	9.70	179.01	10.80	180.23
11.06	185.62	9.90	187.96	11.01	189.24
11.29	194.46	10.12	196.91	11.29	198.26
11.47	203.30	10.38	205.86	11.53	207.27

11.67	212.14	10.57	214.81	11.73	216.28
11.87	220.98	10.71	223.76	11.87	225.29
12.02	229.82	10.85	232.71	12.02	234.30
12.14	238.66	11.11	241.66	12.16	243.31
12.31	247.50	11.33	250.61	12.36	252.33
12.40	256.34	11.50	259.56	12.59	261.34
12.63	265.18	11.64	268.51	12.82	270.35
12.84	274.01	11.84	277.46	12.99	279.36
13.04	282.85	12.01	286.41	13.23	288.37
13.24	291.69	12.12	295.37	13.40	297.38
13.39	300.53	12.29	304.32	13.60	306.40
13.62	309.37	12.46	313.27	13.89	315.41
13.86	318.21	12.60	322.22	14.03	324.42
14.00	327.05	12.77	331.17	14.29	333.43
14.21	335.89	12.99	340.12	14.52	342.44
14.32	344.73	13.22	349.07	14.67	351.45
14.53	353.57	13.47	358.02	14.98	360.47
14.76	362.41	13.72	366.97	15.27	364.88
14.97	371.25	14.00	375.92		
15.05	372.30	14.37	382.15		

**Figura 28. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 1 para 6 horas de formación a 28 días**

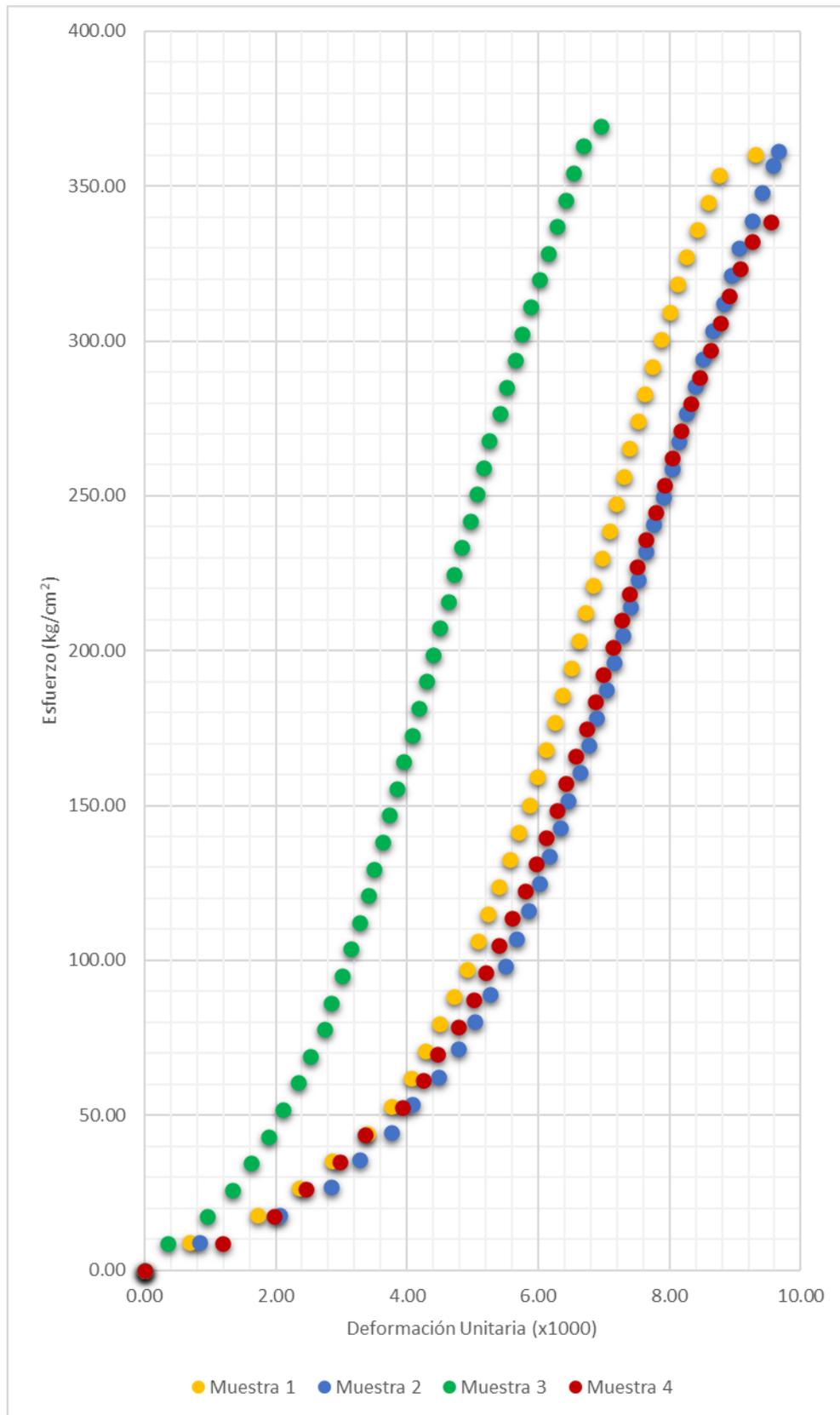


**Tabla 70. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 8 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.69	8.84	0.84	8.92	0.35	8.64	1.19	8.74
1.73	17.69	2.05	17.84	0.96	17.28	1.98	17.48
2.36	26.53	2.84	26.76	1.33	25.93	2.46	26.22
2.85	35.37	3.27	35.68	1.63	34.57	2.97	34.96
3.40	44.21	3.76	44.60	1.89	43.21	3.37	43.70
3.76	53.06	4.08	53.52	2.11	51.85	3.93	52.44
4.06	61.90	4.49	62.44	2.35	60.50	4.24	61.18
4.28	70.74	4.78	71.36	2.53	69.14	4.47	69.92
4.50	79.59	5.04	80.28	2.74	77.78	4.78	78.66
4.72	88.43	5.27	89.20	2.85	86.42	5.01	87.40
4.91	97.27	5.50	98.12	3.01	95.06	5.21	96.13
5.08	106.11	5.67	107.04	3.14	103.71	5.40	104.87
5.24	114.96	5.85	115.96	3.28	112.35	5.60	113.61
5.40	123.80	6.02	124.88	3.41	120.99	5.80	122.35
5.57	132.64	6.16	133.81	3.49	129.63	5.97	131.09
5.71	141.48	6.34	142.73	3.62	138.28	6.11	139.83
5.87	150.33	6.45	151.65	3.73	146.92	6.28	148.57
5.98	159.17	6.63	160.57	3.84	155.56	6.42	157.31
6.12	168.01	6.77	169.49	3.94	164.20	6.56	166.05
6.25	176.86	6.89	178.41	4.08	172.84	6.73	174.79
6.36	185.70	7.03	187.33	4.18	181.49	6.87	183.53
6.50	194.54	7.15	196.25	4.29	190.13	6.99	192.27

6.61	203.38	7.29	205.17	4.40	198.77	7.13	201.01
6.72	212.23	7.41	214.09	4.50	207.41	7.27	209.75
6.83	221.07	7.52	223.01	4.64	216.05	7.38	218.49
6.97	229.91	7.64	231.93	4.72	224.70	7.50	227.23
7.08	238.76	7.76	240.85	4.82	233.34	7.64	235.97
7.19	247.60	7.90	249.77	4.96	241.98	7.78	244.71
7.30	256.44	8.05	258.69	5.06	250.62	7.92	253.45
7.38	265.28	8.13	267.61	5.17	259.27	8.03	262.19
7.52	274.13	8.25	276.53	5.25	267.91	8.18	270.92
7.63	282.97	8.39	285.45	5.41	276.55	8.32	279.66
7.74	291.81	8.51	294.37	5.52	285.19	8.46	288.40
7.87	300.66	8.65	303.29	5.65	293.83	8.63	297.14
8.01	309.50	8.83	312.21	5.76	302.48	8.77	305.88
8.12	318.34	8.94	321.13	5.89	311.12	8.91	314.62
8.26	327.18	9.06	330.05	6.02	319.76	9.08	323.36
8.42	336.03	9.26	338.97	6.16	328.40	9.25	332.10
8.59	344.87	9.41	347.89	6.29	337.05	9.53	338.66
8.75	353.71	9.58	356.81	6.42	345.69		
9.30	360.34	9.67	361.27	6.53	354.33		
				6.69	362.97		
				6.96	369.45		

**Figura 29. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 2 para 8 horas de formación a 28 días**

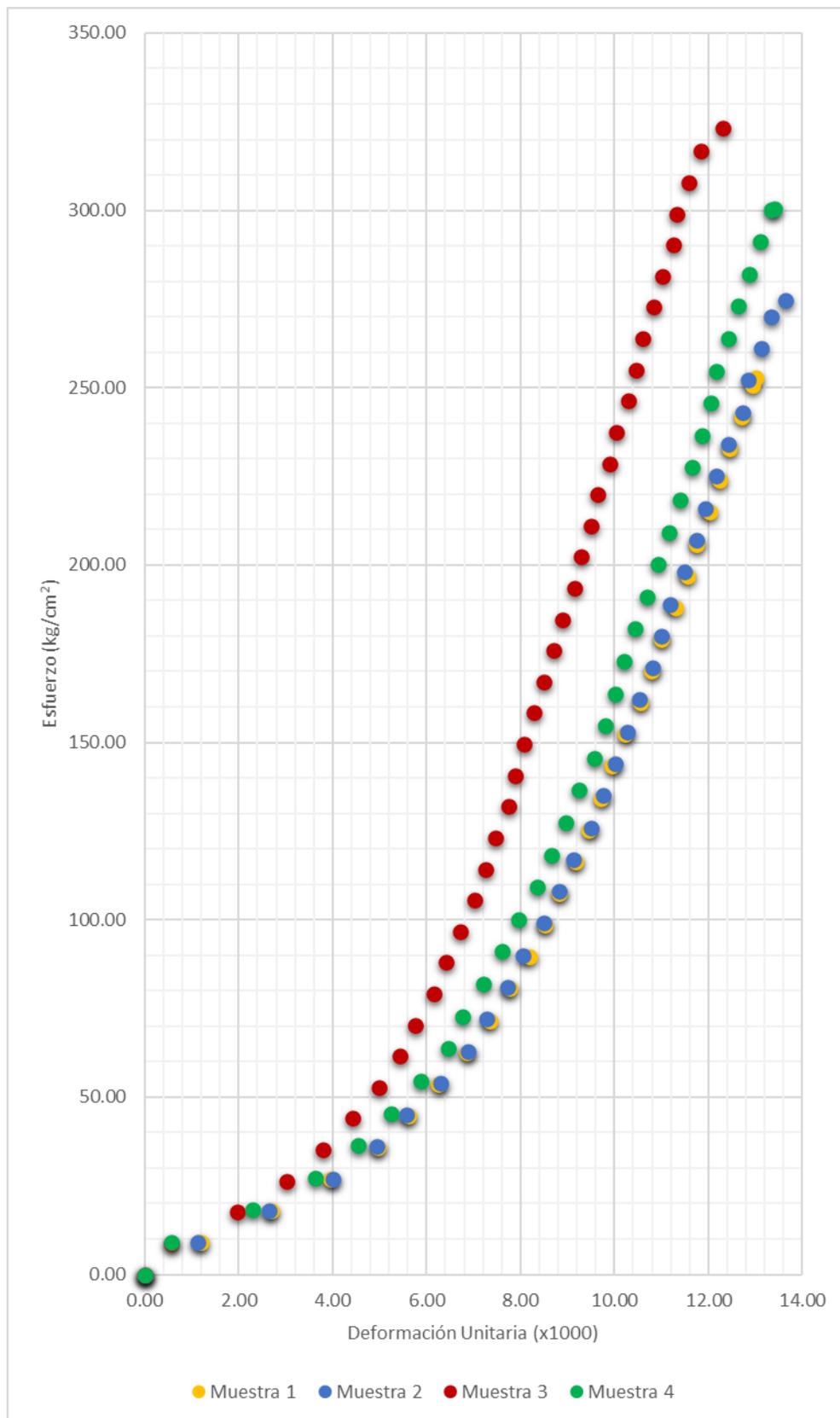


**Tabla 71. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 8 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)						
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.20	8.95	1.12	9.00	0.56	8.80	0.56	9.10
2.69	17.91	2.64	18.01	1.96	17.59	2.30	18.20
3.95	26.86	4.00	27.01	3.02	26.39	3.63	27.30
4.96	35.82	4.94	36.01	3.80	35.18	4.54	36.40
5.62	44.77	5.58	45.01	4.42	43.98	5.25	45.50
6.25	53.72	6.29	54.02	4.98	52.77	5.87	54.60
6.85	62.68	6.87	63.02	5.43	61.57	6.46	63.70
7.35	71.63	7.29	72.02	5.76	70.37	6.76	72.80
7.77	80.59	7.73	81.02	6.15	79.16	7.20	81.90
8.19	89.54	8.05	90.03	6.40	87.96	7.61	91.00
8.52	98.49	8.49	99.03	6.71	96.75	7.97	100.10
8.82	107.45	8.81	108.03	7.02	105.55	8.35	109.20
9.18	116.40	9.14	117.04	7.24	114.35	8.65	118.30
9.45	125.36	9.49	126.04	7.47	123.14	8.97	127.40
9.72	134.31	9.75	135.04	7.75	131.94	9.24	136.50
9.95	143.26	10.02	144.04	7.89	140.73	9.56	145.60
10.22	152.22	10.28	153.05	8.08	149.53	9.80	154.70
10.55	161.17	10.52	162.05	8.28	158.32	10.00	163.80
10.79	170.13	10.81	171.05	8.50	167.12	10.21	172.90
11.00	179.08	10.99	180.05	8.70	175.92	10.45	182.00
11.30	188.03	11.19	189.06	8.89	184.71	10.68	191.10

11.57	196.99	11.49	198.06	9.15	193.51	10.92	200.20
11.75	205.94	11.75	207.06	9.29	202.30	11.15	209.30
12.02	214.90	11.93	216.07	9.51	211.10	11.39	218.40
12.23	223.85	12.16	225.07	9.65	219.90	11.66	227.50
12.44	232.80	12.43	234.07	9.90	228.69	11.86	236.60
12.70	241.76	12.72	243.07	10.04	237.49	12.04	245.70
12.94	250.71	12.84	252.08	10.29	246.28	12.16	254.80
13.00	252.77	13.13	261.08	10.46	255.08	12.42	263.90
		13.34	270.08	10.60	263.87	12.63	273.00
		13.63	274.82	10.82	272.67	12.87	282.10
				11.02	281.47	13.10	291.20
				11.24	290.26	13.34	300.30
				11.33	299.06	13.40	300.63
				11.58	307.85		
				11.83	316.65		
				12.31	323.13		

**Figura 30. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 3 para 8 horas de formación a 28 días**

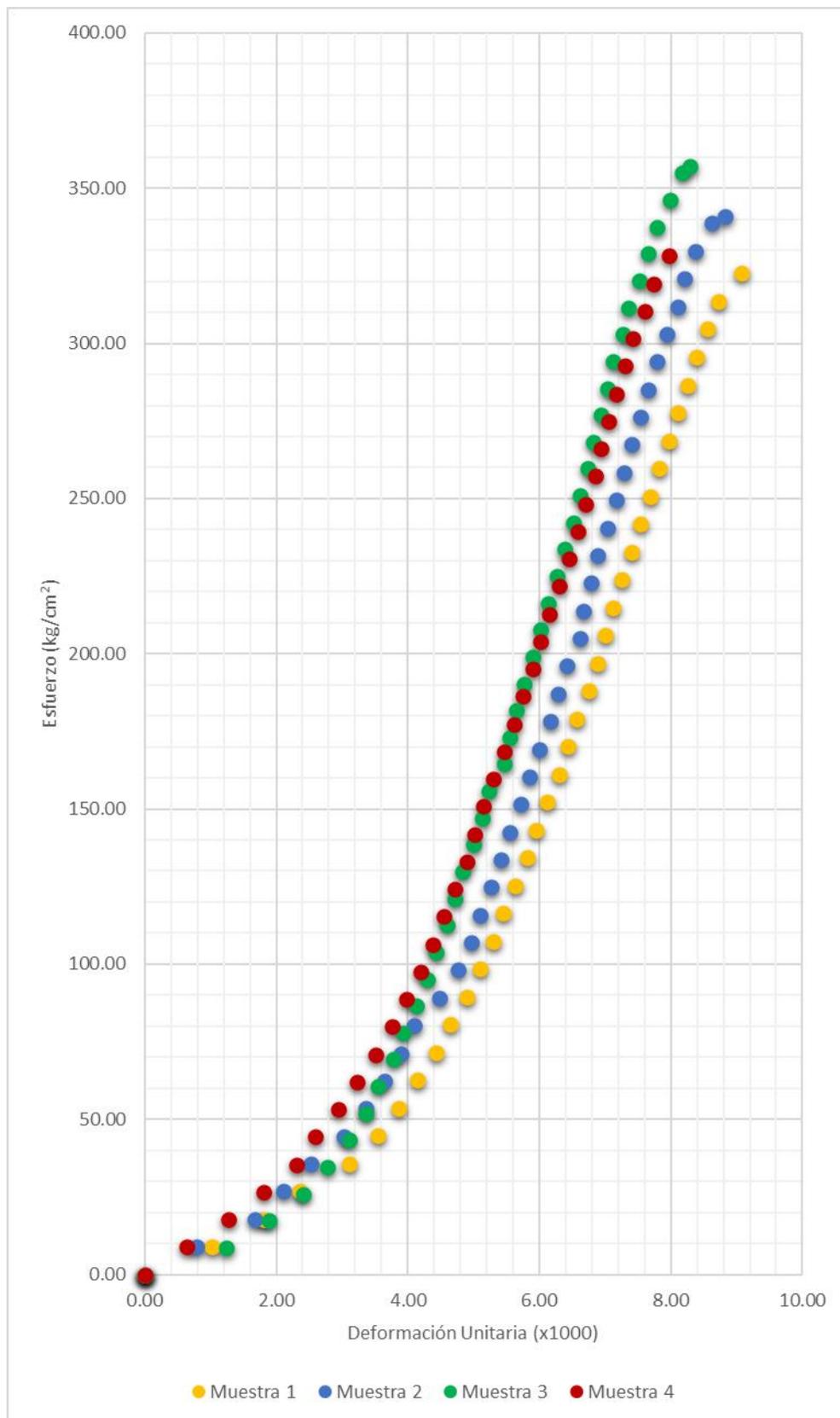


**Tabla 72. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 8 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MUESTRA 4	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)						
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.02	8.96	0.78	8.91	1.25	8.65	0.63	8.87
1.81	17.92	1.68	17.83	1.89	17.31	1.27	17.74
2.35	26.88	2.10	26.74	2.41	25.96	1.81	26.61
3.12	35.83	2.52	35.65	2.77	34.62	2.30	35.48
3.54	44.79	3.03	44.56	3.11	43.27	2.59	44.35
3.86	53.75	3.36	53.48	3.35	51.93	2.94	53.22
4.14	62.71	3.64	62.39	3.55	60.58	3.22	62.09
4.42	71.67	3.90	71.30	3.77	69.24	3.51	70.97
4.65	80.63	4.09	80.21	3.94	77.89	3.77	79.84
4.90	89.59	4.48	89.13	4.13	86.55	3.97	88.71
5.10	98.55	4.76	98.04	4.30	95.20	4.20	97.58
5.30	107.50	4.96	106.95	4.44	103.86	4.37	106.45
5.44	116.46	5.10	115.86	4.60	112.51	4.55	115.32
5.64	125.42	5.27	124.78	4.71	121.17	4.72	124.19
5.81	134.38	5.41	133.69	4.82	129.82	4.89	133.06
5.95	143.34	5.55	142.60	4.99	138.48	5.01	141.93
6.12	152.30	5.72	151.51	5.13	147.13	5.15	150.80
6.29	161.26	5.86	160.43	5.24	155.79	5.30	159.67
6.43	170.21	6.00	169.34	5.46	164.44	5.47	168.54
6.58	179.17	6.16	178.25	5.54	173.10	5.61	177.41
6.75	188.13	6.28	187.16	5.66	181.75	5.76	186.28
6.89	197.09	6.42	196.08	5.77	190.41	5.90	195.15

7.00	206.05	6.61	204.99	5.91	199.06	6.01	204.02
7.12	215.01	6.67	213.90	6.02	207.71	6.16	212.90
7.26	223.97	6.78	222.81	6.13	216.37	6.30	221.77
7.40	232.92	6.89	231.73	6.27	225.02	6.45	230.64
7.54	241.88	7.03	240.64	6.38	233.68	6.59	239.51
7.68	250.84	7.17	249.55	6.52	242.33	6.71	248.38
7.82	259.80	7.29	258.46	6.63	250.99	6.85	257.25
7.97	268.76	7.40	267.38	6.74	259.64	6.94	266.12
8.11	277.72	7.54	276.29	6.82	268.30	7.05	274.99
8.25	286.68	7.65	285.20	6.93	276.95	7.17	283.86
8.39	295.64	7.79	294.11	7.04	285.61	7.31	292.73
8.56	304.59	7.93	303.03	7.13	294.26	7.42	301.60
8.73	313.55	8.10	311.94	7.26	302.92	7.60	310.47
9.07	322.51	8.21	320.85	7.35	311.57	7.74	319.34
		8.38	329.76	7.51	320.23	7.97	328.21
		8.63	338.68	7.65	328.88		
		8.83	340.90	7.79	337.54		
				7.98	346.19		
				8.18	354.85		
				8.29	357.01		

**Figura 31. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 4 para 8 horas de formación a 28 días**

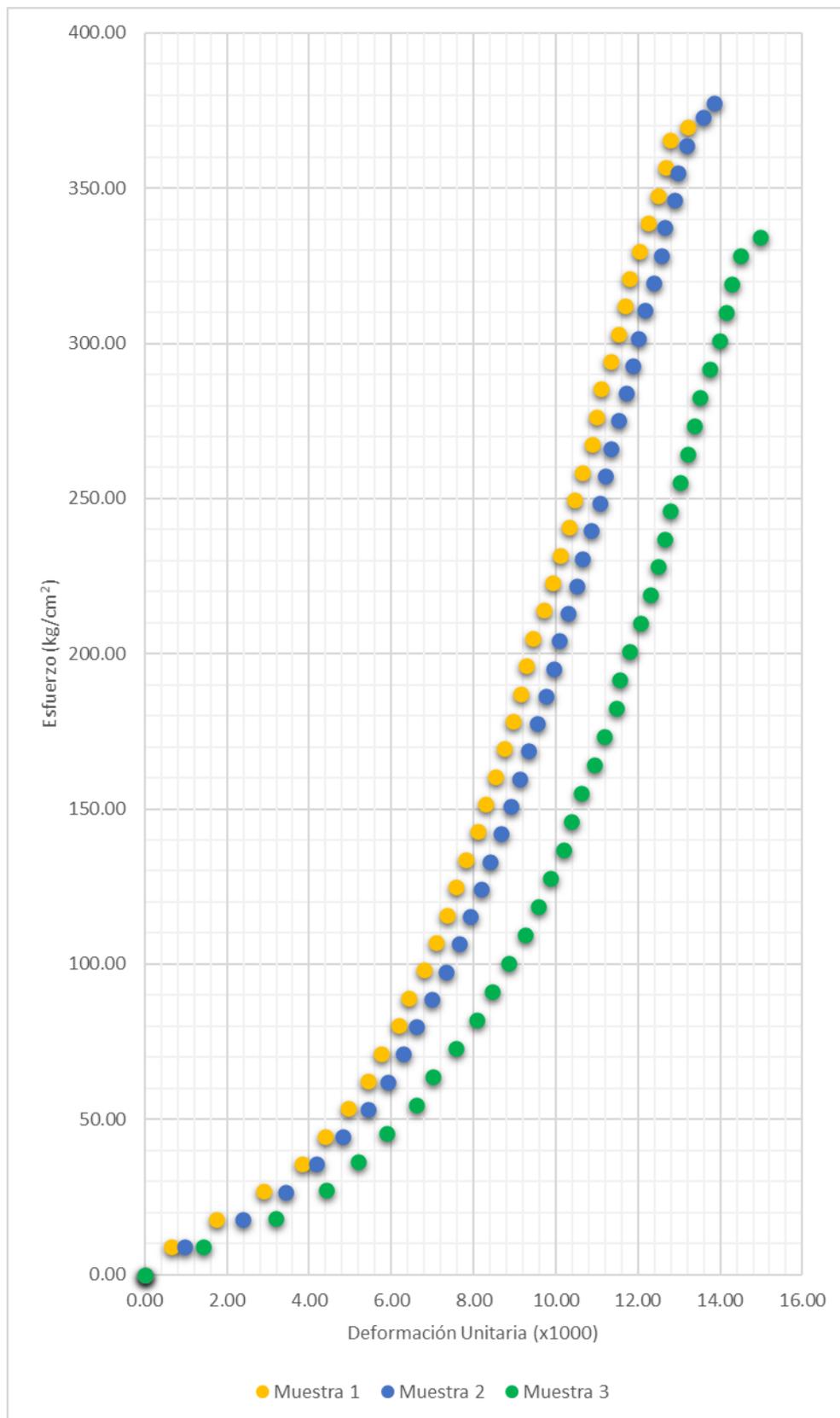


**Tabla 73. Valores del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 1 para 8 horas de formación a 28 días**

MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Def. Unitaria (x1000)	Esfuerzo (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	8.92	0.96	8.88	1.41	9.12
1.74	17.83	2.38	17.75	3.18	18.24
2.89	26.75	3.43	26.63	4.42	27.36
3.84	35.66	4.17	35.50	5.19	36.48
4.40	44.58	4.82	44.38	5.90	45.60
4.96	53.49	5.42	53.26	6.60	54.72
5.44	62.41	5.90	62.13	7.02	63.85
5.75	71.33	6.30	71.01	7.58	72.97
6.17	80.24	6.61	79.88	8.08	82.09
6.42	89.16	6.98	88.76	8.46	91.21
6.78	98.07	7.32	97.63	8.84	100.33
7.09	106.99	7.66	106.51	9.26	109.45
7.34	115.90	7.92	115.39	9.58	118.57
7.57	124.82	8.17	124.26	9.87	127.69
7.82	133.74	8.40	133.14	10.20	136.81
8.10	142.65	8.65	142.01	10.38	145.93
8.30	151.57	8.91	150.89	10.61	155.05
8.52	160.48	9.11	159.77	10.94	164.17
8.75	169.40	9.34	168.64	11.17	173.29
8.97	178.31	9.53	177.52	11.47	182.42
9.14	187.23	9.76	186.39	11.55	191.54
9.28	196.14	9.96	195.27	11.79	200.66
9.45	205.06	10.07	204.14	12.06	209.78

9.70	213.98	10.30	213.02	12.29	218.90
9.92	222.89	10.50	221.90	12.50	228.02
10.12	231.81	10.64	230.77	12.65	237.14
10.32	240.72	10.87	239.65	12.79	246.26
10.46	249.64	11.07	248.52	13.03	255.38
10.65	258.55	11.21	257.40	13.21	264.50
10.88	267.47	11.35	266.28	13.38	273.62
10.99	276.39	11.52	275.15	13.50	282.74
11.10	285.30	11.72	284.03	13.74	291.86
11.32	294.22	11.86	292.90	13.97	300.98
11.52	303.13	12.00	301.78	14.15	310.11
11.69	312.05	12.17	310.65	14.27	319.23
11.80	320.96	12.37	319.53	14.50	328.35
12.03	329.88	12.57	328.41	14.97	334.29
12.25	338.80	12.66	337.28		
12.47	347.71	12.88	346.16		
12.67	356.63	12.97	355.03		
12.78	365.54	13.19	363.91		
13.20	369.64	13.59	372.79		
		13.85	377.43		

**Figura 32. Gráfico del esfuerzo vs deformación para cada muestra del Grupo 1 para 8 horas de formación a 28 días**

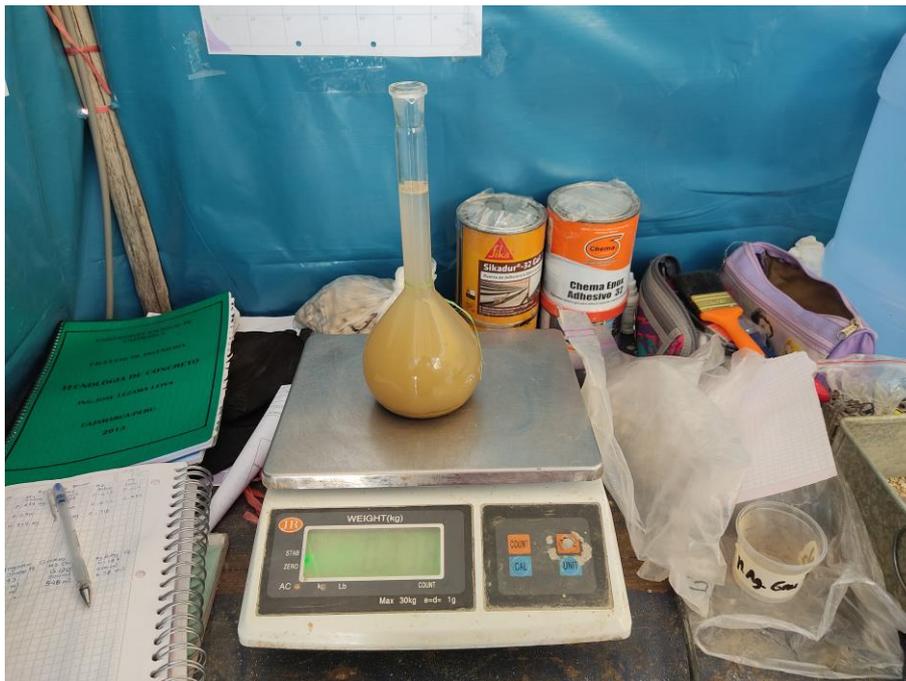


Apéndice F. Fotos del proceso de ejecución de tesis

Figura 33. Pesando las muestras de agregados para contenido de humedad



Figura 34. Ensayo para calcular el peso específico del agregado fino



**Figura 35. Epóxicos adherentes usados en la tesis**



**Figura 36. Mezcla de los epóxicos para la colocación en juntas de construcción**



**Figura 37. Llenado de probetas de concreto a 7 días**



**Figura 38. Llenado de probetas de concreto a 14 días**



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



**Figura 40. Ensayo a compresión de probetas de concreto a 7 días, con la presencia del ingeniero asesor y el Ing. Marco Silva Silva (jurado de tesis)**



**Figura 41. Ensayo a compresión de probetas de concreto a 14 días, con la presencia del ingeniero asesor**



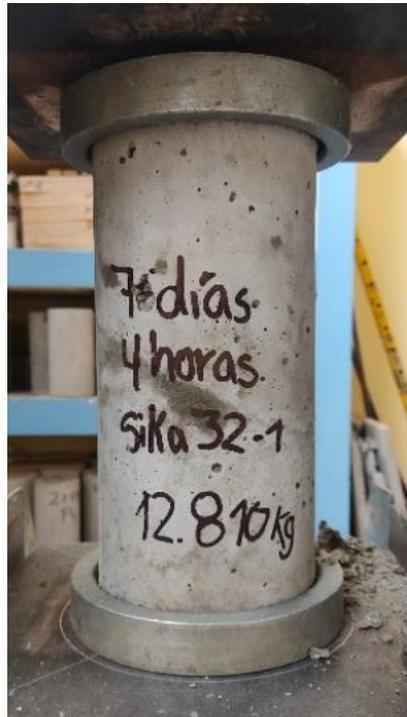
**Figura 42. Ensayo a compresión de probetas de concreto a 28 días, con la presencia del ingeniero asesor**



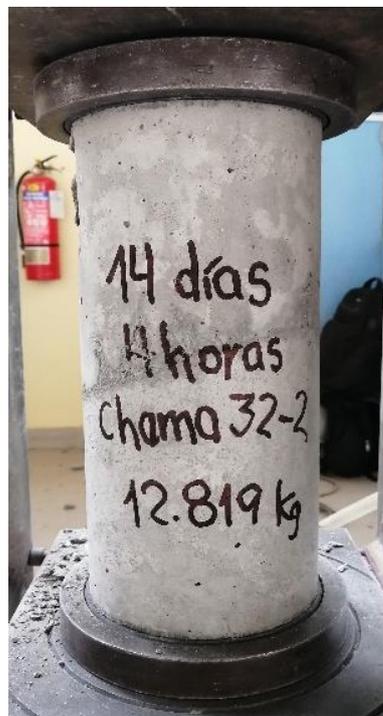
**Figura 43. Probeta de Concreto patrón sin junta de construcción elaborado con Cemento Portland Pacasmayo Tipo I correspondiente al grupo "1"**



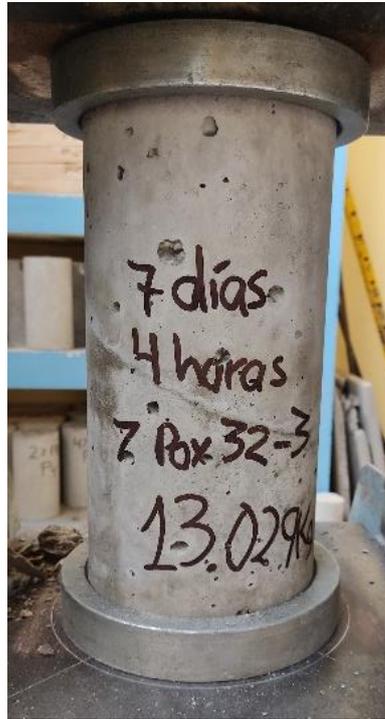
**Figura 44. Probeta de Concreto con Sikadur®-32 Gel en la junta de construcción elaborado con Cemento Portland Pacasmayo Tipo I correspondiente al grupo "2"**



**Figura 45. Probeta de Concreto con Chema Epox Adhesivo 32 en la junta de construcción elaborado con Cemento Portland Pacasmayo Tipo I correspondiente al grupo "3"**



**Figura 46. Probeta de Concreto con Z Pox 32 en la junta de construcción elaborado con Cemento Portland Pacasmayo Tipo I correspondiente al grupo "4"**



**Figura 47. Todas las probetas ensayadas a compresión**



## ANEXOS

### Anexo A. 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

- Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.
- Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.
- Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.
- Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo.
- 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
<b>Bajo</b>	hasta 70%	500 a 700 Kg CO2 eq
<b>Medio</b>	71% a 88%	701 a 800 Kg CO2 eq
<b>Alto</b>	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.



NTF-334-009  
ACTUA C-150  
Cemento Portland

DE-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** <sup>pe</sup>



## 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 <sub>3</sub>	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
<b>Finura</b>					
Superficie específica	Mínimo	260	m <sup>2</sup> /kg	NTP 334.002	389
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.08
<b>Resistencia a la compresión</b>					
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)
<b>Tiempo de Fraguado Vicat</b>					
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](http://www.cementospacasmayo.com.pe)  
 O escanea el código QR:



## Anexo B. Hoja de Datos del Epóxico Adherente Sikadur®-32 Gel

CONSTRUYENDO CONFIANZA



# HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

## Sikadur®-32 Gel

### PUENTE DE ADHERENCIA EPOXICO

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas seleccionadas, libre de solventes.

#### USOS

Sikadur®-32 Gel debe ser utilizado sólo por profesionales expertos.

- Como adhesivo estructural de concreto fresco con concreto endurecido.
- Como adhesivo entre elementos de concreto, piedra, mortero, acero, fierro, fibrocemento, madera.
- Adhesivo entre concreto y mortero.
- En anclajes de pernos en concreto o roca, donde se requiere una puesta en servicio rápida (24 horas).

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Fácil de aplicar.
- Libre de solventes.
- No es afectado por la humedad.
- Altamente efectivo, aún en superficies húmedas.
- Trabajable a bajas temperaturas.
- Alta resistencia a tracción.

#### CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple la norma ASTM C-881, Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete.

Está certificado como producto no tóxico por el Instituto de Salud Pública de Chile.

#### USGBC VALORACIÓN LEED

Sikadur®-32 Gel cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants.

Contenido de VOC < 70 g/L (menos agua)

#### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	Juego de 1 kg. Juego de 5 kg.
<b>Color</b>	Líquido denso color gris (Mezcla A+B)
<b>Vida Útil</b>	2 años
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	El producto puede ser almacenado en su envase original cerrado, sin deterioro en un lugar fresco, seco y bajo techo durante dos años a una temperatura entre 5°C y 30°C. Acondicione el material a 18°C a 30°C antes de usar.
<b>Densidad</b>	1,6 kg/litro

#### INFORMACIÓN TÉCNICA

<b>Resistencia a la Compresión</b>	<u>1 Día</u>	<u>60 MPa</u>	(ASTM D 695)
	<u>10 Días</u>	<u>80 MPa</u>	

Hoja De Datos Del Producto  
Sikadur®-32 Gel  
Diciembre 2019, Versión 01.01  
020204030010000135

<b>Resistencia a Flexión</b>	10 Días	34 MPa	(ASTM C580)
<b>Resistencia a la Adherencia</b>	> 13 MPa		(ASTM C 882)
	Fuerza de arrancamiento de anclaje en concreto H25 (fe A63-42H, 012mm, L=12cm)		
	6.000 kgf		

## INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

<b>Proporción de la Mezcla</b>	A : B = 2 : 1 (en peso)
<b>Consumo</b>	Como puente de adherencia, el consumo aproximado es de 0.3 a 0.5 kg/m <sup>2</sup> , dependiendo de la rugosidad y temperatura de la superficie.
<b>Duración de la Mezcla</b>	25 minutos.

## INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

### PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

#### CONCRETO

Al momento de aplicar Sikadur<sup>®</sup>-32 Gel el concreto debe encontrarse limpio, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, entre otros. Debe estar firme y sano con respecto a sus resistencias mecánicas.

La superficie de concreto debe limpiarse en forma cuidadosa hasta llegar al concreto sano, eliminando totalmente la lechada superficial. Esta operación se puede realizar con chorro de agua y/o arena, escobilla de acero, y otros métodos. La superficie a unir debe quedar rugosa.

#### METALES

Deben encontrarse limpios, sin óxido, grasa, aceite, pintura, entre otros. Se recomienda un tratamiento con chorro de arena a metal blanco o en su defecto utilizar métodos térmicos o físicos químicos.

#### MEZCLADO

Mezclar totalmente las partes A y B en un tercer recipiente limpio y seco, revolver en forma manual o mecánica con un taladro de bajas revoluciones (máx. 600 r.p.m.) durante 3–5 minutos aproximadamente, hasta obtener una mezcla homogénea. Evitar el aire atrapado.

En caso que el volumen a utilizar sea inferior al entregado en los envases, se pueden subdividir los componentes respetando en forma rigurosa las proporciones indicadas en Datos Técnicos.

#### MÉTODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

La colocación de Sikadur<sup>®</sup>-32 Gel se realiza con brocha, rodillo o pulverizado sobre una superficie preparada. En superficies húmedas asegurar la aplicación restregando con la brocha. El concreto fresco debe ser vaciado antes de 3 horas a 20°C o 1 hora a 30°C de aplicado el Sikadur<sup>®</sup>-32 Gel. En todo caso, el producto debe encontrarse fresco al vaciar la mezcla sobre él.

#### LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS

Limpe las herramientas con diluyente a la piroxilina.

## NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

Hoja De Datos Del Producto  
Sikadur<sup>®</sup>-32 Gel  
Diciembre 2019, Versión 01.01  
020204030010000135



## RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

## ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

## NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

Hoja De Datos Del Producto  
Sikadur®-32 Gel  
Diciembre 2019, Versión 01.01  
020204030010000135

3 / 3

Sikadur-32Gel-es-PE-(12-2019)-1-1.pdf

CONSTRUYENDO CONFIANZA



## Anexo C. Certificado de Calidad del Epóxico Adherente Sikadur®-32 Gel

### CERTIFICADO DE CALIDAD



El presente documento presenta el Estado Permisible de las especificaciones técnicas de nuestro producto **Sikadur® 32 Gel**

#### 1. ESTADO PERMISIBLE

Parámetros	Rango de Aceptación
Aspecto Parte A	Líquido viscoso blanquecino
Aspecto Parte B	Líquido Viscoso negro
Densidad A (g/mL)	1.55 – 1.63
Densidad B (g/mL)	1.45 – 1.58
Valor epoxi A (mol/Kg)	2.3 – 2.6
Valor Amino B (mg KOH/g)	175 - 210

Almacenamiento: 2 años en su envase original bien cerrado en lugar fresco y bajo techo, a temperaturas entre 5°C y 30 °C. Acondicione el material a 18°C a 30 °C antes de usar.

Atentamente,



Claudia Vargas  
Gerente de Laboratorio  
Sika Perú S.A.C.

Lurín, marzo de 2022

Formato CC-F 18  
Autorizado por: GMS  
Fecha: 18/07/13  
Edición: 4

LA INFORMACIÓN Y EN PARTICULAR LAS RECOMENDACIONES DE ESTA INSTRUCCIÓN DE USO ESTÁN BASADAS EN LOS ACTUALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIA, Y EN PRUEBAS QUE CONSIDERAMOS SEGURAS SOBRE LOS PRODUCTOS APROPIADAMENTE ALMACENADOS, MANIPULADOS Y UTILIZADOS EN LAS CONDICIONES NORMALES DESCRITAS. EN LA PRÁCTICA, Y NO PUDIENDO CONTROLAR LAS CONDICIONES DE APLICACIÓN (TEMPERATURA, ESTADO DE LOS SUSTRATOS, ETC.), NO NOS RESPONSABILIZAMOS POR NINGÚN DAÑO, PERJUICIO O PÉRDIDA OCASIONADAS POR EL USO INADECUADO DEL PRODUCTO. ACONSEJAMOS AL USUARIO QUE PREVIAMENTE DETERMINE SI EL MISMO ES APROPIADO PARA EL USO PARTICULAR PROPUESTO. TODOS LOS PEDIDOS ESTÁN SUJETOS A NUESTROS TÉRMINOS CORRIENTES DE VENTA Y ENTREGA. LOS USUARIOS SIEMPRE DEBEN REMITIRSE A LA ÚLTIMA EDICIÓN DE LAS HOJAS TÉCNICAS DE LOS PRODUCTOS; CUYAS COPIAS SE ENTREGARÁN A SOLICITUD DEL INTERESADO O A LAS QUE PUEDEN ACCEDER EN INTERNET A TRAVÉS DE NUESTRA PÁGINA WEB [WWW.SIKA.COM.PE](http://WWW.SIKA.COM.PE)

SIKA PERU S.A.C.

Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. "B" Lote 6, Lurín - L3 Lima - Perú  
Telf: +51 1 618 6060 · Fax: +51 1 618 6070 · [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

## Anexo D. Hoja Técnica del Chema Epox Adhesivo 32



**Chema**  
*Calidad que Construye*

**Hoja Técnica**

# CHEMA EPOX ADHESIVO 32

Puente de adherencia epóxico para unir concreto antiguo con concreto nuevo.  
Calidad Premium.

VERSION: 02  
FECHA: 17/10/2022

---

**DESCRIPCIÓN**

CHEMA EPOX ADHESIVO 32 es un sistema epóxico de dos componentes 100% sólidos, de calidad Premium. Diseñado especialmente con alta resistencia a la humedad, Ideal para asegurar una unión perfecta entre concreto fresco y endurecido, concreto con metal y otros. Posee elevadas adherencias y resistencias mecánicas.

Este adhesivo presenta viscosidad media lo que permite aplicarse como puente de adherencia directo o para preparar un mortero epóxico de reparación en elementos estructurales (de concreto o como relleno de cangrejeras).

Cumple con la norma ASTM C-881 Estándar Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete.

---

**VENTAJAS**

- Excelente resistencia a la humedad y a los ataques químicos.
- Excelente adherencia sobre concreto, fierro, acero, piedra, madera, fibrocemento y otros.
- Asegura una unión monolítica entre concretos de distintas edades.
- Permite trabajar a bajas temperaturas.
- Listo para usar, no necesita diluir con solventes.
- Fácil de aplicar, con brocha o rodillo.

---

**USOS**

- Como puente de adherencia entre concreto fresco y concreto antiguo.
- Unión de pre fabricados de concreto.
- Como anclaje (mezclado con arena o cuarzo).
- Extensión de columnas y apoyos de nuevas vigas sobre estructuras antiguas.
- Fijación de los refuerzos estructurales.
- Para reparaciones, de elementos de concreto (tubos y otros).
- Para pegar diversos materiales del mismo tipo o totalmente diferentes como hierro o concreto, fibrocemento, madera y otros.
- Para reparaciones de grietas de volumen en elementos estructurales.
- Para resanar muros de albañilería estructural.

---

**DATOS TÉCNICOS**

Propiedades	Valores	
	Parte "A"	Gris Oscuro
Parte "B"	Ambar	
Mezcla	Gris Oscuro	
Proporción de Mezcla en Volumen	"A"	3
	"B"	1
Densidad de la mezcla	kg/gal	5.10 - 5.30
Viscosidad de la mezcla	KU	105 - 120
Pot life	horas	2h *
Resistencia a la compresión, kg/cm <sup>2</sup> (ASTM D 695)	1 día	500*
	7 días	800*
Resistencia a la adherencia, kg/cm <sup>2</sup> (ASTM C 882)	28 días	> 140*
Dureza Shore D	7 días	75*
Secado al tacto	horas	2*
VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles)	g/L	0

**ATENCIÓN AL CLIENTE:**  
(511) 336-8407

Página 1 de 3



Calidad que Construye

Hoja Técnica

## CHEMA EPOX ADHESIVO 32

Puente de adherencia epóxico para unir concreto antiguo con concreto nuevo.

Calidad Premium.

VERSION: 02  
FECHA: 17/10/2022

\* Valores a 25°/60%HR, estos pueden variar con las condiciones ambientales.

### PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO

#### Preparación de la superficie.

- La superficie de concreto debe estar totalmente limpia, libre de polvo, grasa, pintura, aceite, material suelto o mal adherido debiendo dejarse sólo lo que esta estructuralmente sano. Una vez limpia se recomienda soplearla con aire comprimido.
- Las superficies de metales deben encontrarse limpias, sin óxido, grasa, pintura, etc.

#### Preparación del producto.

- Utilice guantes, lentes y mascarilla de protección antes de aplicar el producto y/o consulte la hoja de seguridad del producto.
- Prepare la cantidad necesaria para trabajar en el momento en un recipiente de plástico, no hacerlo en el mismo envase metálico.
- Mezclar ambos componentes en volumen: 3A por 1B utilizando un taladro de baja velocidad (350 r.p.m) con aspas o paletas durante 2 – 3 minutos aprox. hasta obtener una mezcla homogénea, evitar la formación de aire.
- Deje reposar unos minutos para eliminar burbujas de aire atrapado.

#### Aplicación de la mezcla

- Aplique la mezcla preparada como puente de adherencia con una brocha o rodillo sobre la superficie preparada en un tiempo no mayor a 2 horas de mezclado el producto. (Después de este tiempo la mezcla empezará a perder trabajabilidad hasta el punto de formar un sólido compacto).
- A continuación realice el vaciado del concreto fresco sobre la aplicación y continúe con los trabajos posteriores.
- El espesor de la capa debe ser alrededor 1mm, dependiendo de la rugosidad de la superficie.

#### Limpieza.

Limpie las herramientas utilizadas con solvente SC Epox, thinner o aguarrás

### RENDIMIENTO

El consumo aprox. 0.5 a 0.7 Kg/m<sup>2</sup>, dependiendo de la rugosidad de la superficie.

### PRESENTACIÓN

- Kit de 1kg
- kit de 5 kg

### ALMACENAMIENTO

2 años mínimo en su envase original cerrado, en ambientes entre 10° C y 25°C.

ATENCIÓN AL CLIENTE:  
(511) 336-8407

Página 2 de 3



*Calidad que Construye*

Hoja Técnica

## CHEMA EPOX ADHESIVO 32

Puente de adherencia epóxico para unir concreto antiguo con concreto nuevo.

Calidad Premium.

VERSION: 02  
FECHA: 17/10/2022

- PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES** No agregar ningún solvente a la mezcla.  
Los componentes del epóxico pueden causar irritación.  
Para mayor información solicite la Hoja de Seguridad del producto.  
En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico). Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños. No comer ni beber mientras manipula el producto. Lavarse las manos luego de manipular el producto. Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo. Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua. Si es ingerido, no provocar vómitos; procurar ayuda médica inmediata.

**“La presente Edición anula y reemplaza la Versión N° 01 para todos los fines”**

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

ATENCIÓN AL CLIENTE:  
(511) 336-8407

Página 3 de 3

## Anexo E. Hoja Técnica del Adhesivo Estructural de Alta Resistencia Z Pox 32

HOJA TÉCNICA

# Z POX 32

Adhesivo estructural de alta resistencia



**DESCRIPCIÓN:**  
Resina epóxica bicomponente reactiva, por las altas resistencias mecánicas que alcanza, es utilizado como adhesivo estructural entre concretos antiguos y concretos nuevos devolviendo el monolitismo a las estructuras. Excelente como adhesivo para diversos materiales de construcción y por su consistencia viscosa es ideal para aplicaciones en vertical, horizontal o sobre cabeza.

**USOS:**

- Ampliación de viviendas, edificaciones o proyectos de infraestructura.
- Como puente de adherencia entre concreto antiguo y nuevo.
- Reparación de fisuras en losas o pavimentos o estructuras en horizontal.
- Como adhesivo entre diferentes materiales de construcción (concreto, mortero, piedra, acero, madera, vidrio, metal entre otros).
- En la fijación de pernos o varillas de acero en concreto o roca, donde se requiera una puesta de servicio rápida.

**VENTAJAS:**

- Fácil aplicación con brocha o rodillo o por gravedad.
- Altas resistencias mecánicas.
- Evita la aparición de juntas frías.
- Puede aplicarse aun en superficies húmedas.
- Excelente resistencia química contra soluciones salinas, aguas residuales e hidrocarburos.

**APLICACIÓN:**  
Preparación de las superficies.

- Las superficies de contacto deben encontrarse limpias, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, entre otros.
- Los materiales a unir deben presentar una superficie rugosa para garantizar un mejor anclaje mecánico.

**Mezclado**  
Verter las cantidades necesarias los dos componentes (A y B) en un tercer recipiente donde se realizará el mezclado de forma manual o con ayuda de un taladro de bajas revoluciones, mezclar por un espacio de 3 y 5 minutos aproximadamente, hasta obtener una mezcla homogénea.

**Aplicación**  
Se puede realizar con el uso de una brocha, rodillo o por gravedad.

**RECOMENDACIONES:**

- En el caso de unión de concretos nuevos con concretos antiguos, una vez aplicado Z Pox 32 se recomienda realizar el vaciado dentro del tiempo de trabajabilidad del producto.
- Esto puede ser de 50 a 60 minutos a una temperatura de 20° estos tiempos pueden variar dependiendo las temperaturas de obra.
- Los materiales y herramientas utilizados para la aplicación pueden ser limpiados con solventes industriales.
- Tener en cuenta que el producto contiene solventes, por lo que se recomienda el uso de los epp's correspondientes y realizar los trabajos en espacios ventilados.

**INFORMACIÓN TÉCNICA:**

Proporción de la mezcla	A:B = 2:1 (en peso)
Color	Gris
Densidad	1.41 ± 0,03 Kg/L
Vida útil	2 años
Resistencia de compresión	80 MPa a 7 días
Resistencia a la adherencia	13 MPa a 14 días
Resistencia a la flexión	44 MPa a 14 días

**RENDIMIENTO:**  
El consumo aproximado es de 0.4 a 0.6 kg/m<sup>2</sup> esto puede variar dependiendo de la rugosidad de la superficie de los materiales.

**PRESENTACIÓN:**  
Juego por 1 kg  
Juego por 5 kg

**SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE:**

- El producto es irritante y dañino para la salud, por estas razones, tener en cuenta lo siguiente:
- Evitar el contacto e inhalación directa con el producto ya que puede causar sensibilización cutánea y/o respiratoria, mantener los recipientes cerrados cuando no estén en uso.
- Almacenar y aplicar el producto en un sitio fresco y bien ventilado, protegido de temperaturas elevadas y de rayos solares directos.
- Considerar el uso de los EPP's adecuados para la manipulación del producto.

# Anexo F. 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. JHONY EDWIN MERCADO ROMERO, 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  $f'c = 280 \text{ KG/CM}^2$ , UTILIZANDO DIFERENTES EPÓXICOS ADHERENTES EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN USUALES EN COMPARACIÓN CON EL CONCRETO TRADICIONAL”. Mencionadas actividades se desarrollaron del 07 de marzo del 2024 al 19 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. Maura Carvajón Vargas  
JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES