



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **Ingeniería Civil**

“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL
CONCRETO F’C 210 KG/CM² UTILIZANDO GRAFENO
AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Rodmel Jonathan Valdivia Ayay

Asesor:

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez

<https://orcid.org/0000-0001-8861-7889>

Cajamarca - Perú

2025

Jurado evaluador

Jurado 1 Presidente(a)	ERICK HUMBERTO RABANAL CHAVEZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	SHEYLA YULIANA CORNEJO RODRIGUEZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	LUIS VASQUEZ RAMIREZ
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud

Rodmel Jonathan Valdivia Ayay

Informe final de tesis

- INFORME FINAL
- TESIS - PROCESO REGULAR
- Asesores

Document Details

Submission ID
trnoid::1:3261388106


Submission Date
May 27, 2025, 12:04 AM GMT-5

Download Date
May 27, 2025, 11:56 PM GMT-5

File Name
TESIS_Rodmel_Jonathan_Valdivia_Ayay.docx

File Size
40.7 MB

184 Pages
18,861 Words
102,042 Characters

 Page 2 of 185 - Integrity Overview

Submission ID trnoid::1:3261388106


15% Overall Similarity


The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.


Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 10 words)

Top Sources

13%  Internet sources

1%  Publications

12%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we do recommend you focus your attention there for further review.

Dedicatoria

A mi hermana, Yelitza Yarith Isabel, quien es mi mayor motivo e inspiración de seguir adelante día a día.

A mi madre, quien me ha brindado su apoyo total e incondicional para lograr los objetivos y metas que he venido trazándome.

Rodmel Valdivia

Agradecimiento

Agradezco a Dios por guiarme día a día y darme la oportunidad de seguir luchando por mis sueños y metas.

Agradezco también a mis docentes, quienes me han orientado y brindado los conocimientos necesarios en este proceso de formación profesional.

Rodmel Valdivia

Índice de contenido

Dedicatoria	4
Agradecimiento.....	5
Índice de contenido	6
Índice de tablas	7
Índice de figuras.....	10
Índice de anexos.....	10
Resumen.....	20
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	22
1.1. Realidad problemática.....	22
1.2. Formulación del problema.....	42
1.3. Objetivos	42
1.4. Hipótesis.....	43
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	45
CAPÍTULO 3. RESULTADOS.....	58
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	92
REFERENCIAS.....	101
ANEXOS	107

Índice de tablas

Tabla 1. Resistencia a la compresión promedio.....	36
Tabla 2. Resistencia del concreto.....	39
Tabla 3. Dimensión de los cilindros de concreto.....	40
Tabla 4. Detalles de la muestra.....	48
Tabla 5. Técnicas e instrumentos.....	49
Tabla 6. Guías que especifica los ensayos de laboratorio UPN.....	50
Tabla 7. Contenido de humedad del agregado grueso.....	58
Tabla 8. Contenido de humedad del agregado fino.....	59
Tabla 9. Análisis granulométrico del agregado fino.....	60
Tabla 10. Granulometría del agregado grueso.....	61
Tabla 11. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.....	63
Tabla 12. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	64
Tabla 13. Peso específico y absorción del agregado grueso.....	64
Tabla 14. Gravedad específica y absorción del agregado fino.....	65
Tabla 15. Resumen de las características de los agregados.....	66

Tabla 16. Dosificación del concreto patrón según diseño de mezcla ACI, con una resistencia de 210kg/cm ²	67
Tabla 17. Dosificación del concreto con adición de grafeno al 0.05% en relación al peso del cemento según diseño de mezcla ACI, con una resistencia de 210kg/cm ²	68
Tabla 18. Dosificación del concreto con adición de grafeno al 0.10% en relación al peso del cemento según diseño de mezcla ACI, con una resistencia de 210kg/cm ²	68
Tabla 19. Dosificación del concreto con adición de grafeno al 0.15% en relación al peso del cemento según diseño de mezcla ACI, con una resistencia de 210kg/cm ²	69
Tabla 20. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas patrón a los 7 días de curado.....	70
Tabla 21. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas patrón a los 14 días de curado.....	71
Tabla 22. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas patrón a los 28 días de curado.....	72
Tabla 23. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición de grafeno al 0.05% en relación al peso del cemento a los 7 días de curado	74
Tabla 24. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición de grafeno al 0.05% en relación al peso del cemento a los 14 días de curado	75
Tabla 25. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición de grafeno al 0.05% en relación al peso del cemento a los 28 días de curado	76

Tabla 26. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.10% de grafeno con relación al peso del cemento a los 7 días de curado	78
Tabla 27. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.10% de grafeno con relación al peso del cemento a los 14 días de curado	79
Tabla 28. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.10% de grafeno con relación al peso del cemento a los 28 días de curado	80
Tabla 29. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.15% de grafeno con relación al peso del cemento a los 7 días de curado	82
Tabla 30. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.15% de grafeno con relación al peso del cemento a los 14 días de curado	83
Tabla 31. Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.15% de grafeno con relación al peso del cemento a los 28 días de curado	84
Tabla 32. Resistencia a la compresión con distintos porcentajes de grafeno en distintas edades.	89
Tabla 33. Mejoramiento de la resistencia a la compresión en %.....	91

Índice de figuras

Figura 1. Patrones fractura típicos en probetas de concreto	41
Figura 2. Flujograma de procedimientos	51
Figura 3. Ubicación de la cantera	52
Figura 4. Curva granulométrica del agregado fino	61
Figura 5. Curva granulométrica del agregado grueso	62
Figura 6. Evolución de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²) del concreto patrón a diferentes edades.....	73
Figura 7. Evolución de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²) del concreto con adición del 0.05% de grafeno con relación al peso del cemento a diferentes edades.....	77
Figura 8. Evolución de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²) del concreto con adición del 0.10% de grafeno con relación al peso del cemento a diferentes edades.....	81
Figura 9. Evolución de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²) del concreto con adición del 0.15% de grafeno con relación al peso del cemento a diferentes edades.....	85
Figura 10. Comparación de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²) del concreto con distintas adiciones de grafeno con relación al peso del cemento a edad de 7 días.	86
Figura 11. Comparación de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²) del concreto con distintas adiciones de grafeno con relación al peso del cemento a edad de 14 días.	87

Figura 12. Comparación de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm²) del concreto con distintas adiciones de grafeno con relación al peso del cemento a edad de 28 días. 88

Figura 13. Resistencia a la compresión con distintos porcentajes de grafeno en distintas edades.
..... 90

Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables	107
Anexo 2. Matriz de Consistencia Interna.....	108
Anexo 3. Panel fotográfico de ensayos de resistencia a la compresión.....	109
Anexo 4. Panel fotográfico de probetas para ensayos de resistencia a la compresión	110
Anexo 5. Panel fotográfico de probetas en etapa de curado.	111
Anexo 6. Panel fotográfico de probetas en etapa de fraguado.....	112
Anexo 7. Panel fotográfico de adición de grafeno a la mezcla de concreto en el trompo.....	113
Anexo 8. Panel fotográfico de realización de concreto en el trompo.	114
Anexo 9. Panel fotográfico de ensayo de SLUMP.	115
Anexo 10. Panel fotográfico de pesado de grafeno para su adición en 0.15%.	116
Anexo 11. Panel fotográfico de pesado de grafeno para su adición en 0.10%.	117
Anexo 12. Panel fotográfico de pesado de grafeno para su adición en 0.05%.	118
Anexo 13. Panel fotográfico de ensayo de granulometría.	119
Anexo 14. Panel fotográfico de ensayo de contenido de humedad.	120
Anexo 15. Diseño de mezcla ACI.....	121
Anexo 16. Protocolo de peso específico y absorción del agregados gruesos	127
Anexo 17. Protocolo de gravedad específica y absorción del agregado finos.....	128
Anexo 18. Protocolo de peso unitario de los agregados	129

Anexo 19. Protocolo de curva granulométrica del agregado grueso.	130
Anexo 20. Protocolo de análisis granulométrico del agregado grueso.	131
Anexo 21. Protocolo de curva granulométrica del agregado fino.	132
Anexo 22. Protocolo de análisis granulométrico del agregado fino.	133
Anexo 23. Protocolo de contenido de humedad del agregado fino.	134
Anexo 24. Protocolo de contenido de humedad del agregado grueso.	135
Anexo 25. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 1 - 7 días ..	136
Anexo 26. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 2 - 7 días ..	137
Anexo 27. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 3 - 7 días ..	138
Anexo 28. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 4 - 7 días ..	139
Anexo 29. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 5 - 7 días ..	140
Anexo 30. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 6 - 7 días ..	141
Anexo 31. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 1 - 14 días	142
Anexo 32. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 2 - 14 días	143
Anexo 33. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 3 - 14 días	144
Anexo 34. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 4 - 14 días	145
Anexo 35. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 5 - 14 días	146
Anexo 36. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 6 - 14 días	147
Anexo 37. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 1 - 28 días	148

Anexo 38. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 2 - 28 días	149
Anexo 39. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 3 - 28 días	150
Anexo 40. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 4 - 28 días	151
Anexo 41. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 5 - 28 días	152
Anexo 42. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 6 - 28 días	153
Anexo 43. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 1 - 7 días.....	154
Anexo 44. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 2 - 7 días.....	155
Anexo 45. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 3 - 7 días.....	156
Anexo 46. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 4 - 7 días.....	157
Anexo 47. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 5 - 7 días.....	158
Anexo 48. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 6 - 7 días.....	159
Anexo 49. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 1 - 14 días.....	160
Anexo 50. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 2 - 14 días.....	161

Anexo 51. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 3 - 14 días.....	162
Anexo 52. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 4 - 14 días.....	163
Anexo 53. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 5 - 14 días.....	164
Anexo 54. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 6 - 14 días.....	165
Anexo 55. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 1 - 28 días.....	166
Anexo 56. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 2 - 28 días.....	167
Anexo 57. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 3 - 28 días.....	168
Anexo 58. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 4 - 28 días.....	169
Anexo 59. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 5 - 28 días.....	170
Anexo 60. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 6 - 28 días.....	171

Anexo 61. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 6 - 7 días.....	172
Anexo 62. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 5 - 7 días.....	173
Anexo 63. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 4 - 7 días.....	174
Anexo 64. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 3 - 7 días.....	175
Anexo 65. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 2 - 7 días.....	176
Anexo 66. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 1 - 7 días.....	177
Anexo 67. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 6 - 14 días.....	178
Anexo 68. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 5 - 14 días.....	179
Anexo 69. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 4 - 14 días.....	180
Anexo 70. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 3 - 14 días.....	181

Anexo 71. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 2 - 14 días.....	182
Anexo 72. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 1 - 14 días.....	183
Anexo 73. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 6 - 28 días.....	184
Anexo 74. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 5 - 28 días.....	185
Anexo 75. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 4 - 28 días.....	186
Anexo 76. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 3 - 28 días.....	187
Anexo 77. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 2 - 28 días.....	188
Anexo 78. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 1 - 28 días.....	189
Anexo 79. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 6 - 7 días.....	190
Anexo 80. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 5 - 7 días.....	191

Anexo 81. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 4 - 7 días.....	192
Anexo 82. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 3 - 7 días.....	193
Anexo 83. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 2 - 7 días.....	194
Anexo 84. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 1 - 7 días.....	195
Anexo 85. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 6 - 14 días.....	196
Anexo 86. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 5 - 14 días.....	197
Anexo 87. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 4 - 14 días.....	198
Anexo 88. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 3 - 14 días.....	199
Anexo 89. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 2 - 14 días.....	200
Anexo 90. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 1 - 14 días.....	201

Anexo 91. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 6 - 28 días.....	202
Anexo 92. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 5 - 28 días.....	203
Anexo 93. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 4 - 28 días.....	204
Anexo 94. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 3 - 28 días.....	205
Anexo 95. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 2 - 28 días.....	206
Anexo 96. Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 1 - 28 días.....	207

Resumen

La investigación se desarrolló con el objetivo de mejorar la resistencia a la compresión del concreto convencional mediante la incorporación de grafeno como aditivo innovador, en proporciones controladas de 0.05 %, 0.10 % y 0.15 % respecto al peso del cemento. El estudio surge en respuesta a la necesidad del sector construcción de emplear materiales que incrementen el rendimiento estructural, especialmente en regiones como Cajamarca, donde se requiere concreto de mayor desempeño sin comprometer la trabajabilidad. Se abordó una problemática relacionada con la limitada durabilidad y eficiencia del concreto tradicional, planteando el uso de nanomateriales como el grafeno, cuyas propiedades mecánicas y térmicas han despertado interés en aplicaciones estructurales. La metodología empleada fue cuantitativa, aplicada y explicativa, utilizando un diseño experimental puro. Se elaboraron 72 probetas cilíndricas divididas en un grupo control y tres grupos experimentales, ensayadas a los 7, 14 y 28 días de curado bajo estándares ASTM. Los datos fueron recolectados mediante observación directa y protocolos de laboratorio validados. Los resultados evidenciaron un incremento significativo en la resistencia a la compresión, especialmente en la mezcla con 0.15 % de grafeno, que alcanzó 264.74 kg/cm² a los 28 días, superando en 17.71 % a la mezcla patrón. Se concluye que la adición controlada de grafeno mejora notablemente el comportamiento mecánico del concreto, sin afectar su trabajabilidad ni consistencia, posicionándose como una alternativa técnica eficaz para la formulación de mezclas estructurales destinadas a contextos de alta exigencia en obras civiles.

Palabras claves: grafeno, concreto, diseño de mezcla, resistencia a compresión.

Abstrac

This research was carried out with the objective of improving the compressive strength of conventional concrete through the incorporation of graphene as an innovative additive, using controlled dosages of 0.05%, 0.10%, and 0.15% based on the weight of cement. The study responds to the construction sector's demand for materials with enhanced structural performance, particularly in regions like Cajamarca, where higher resistance is needed without compromising workability. The research addresses the issue of limited durability and efficiency in traditional concrete by introducing nanomaterials such as graphene, known for their outstanding mechanical and thermal properties and potential structural applications. A quantitative, applied, and explanatory methodological approach was adopted, using a pure experimental design. A total of 72 cylindrical specimens were prepared, divided into a control group and three experimental groups, and tested at 7, 14, and 28 days of curing following ASTM standards. Data collection was carried out through direct observation using validated laboratory protocols. The results showed a significant increase in compressive strength, especially in the mix containing 0.15% graphene, which reached 264.74 kg/cm² at 28 days, representing a 17.71% improvement over the control mix. It was concluded that the controlled addition of graphene significantly enhances the mechanical behavior of concrete without negatively affecting its workability or consistency. Therefore, graphene proves to be a technically effective alternative for designing structural concrete mixtures suitable for high-performance demands in civil engineering applications, offering new opportunities for innovation in construction materials.

Keywords: graphene, concrete, mix design, compressive strength.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La presente investigación examina la problemática vinculada a la transformación tecnológica en el sector construcción, haciendo énfasis en la creciente necesidad de materiales innovadores que mejoren el rendimiento estructural de las edificaciones, en este marco, la nanotecnología surge como una alternativa viable y eficiente para desarrollar materiales con propiedades mejoradas, tales como mayor ductilidad, mayor resistencia frente a temperaturas elevadas y capacidad para resistir la corrosión, lo que incide directamente en una mayor eficiencia y durabilidad de las infraestructuras construidas (Chen et al., 2023).

A nivel mundial, la industria constructiva enfrenta un desafío importante: mitigar el impacto ambiental provocado por la elaboración y uso masivo de materiales de construcción, tanto la producción de insumos como el mantenimiento de edificaciones contribuyen de forma significativa a la contaminación ambiental, la deforestación y la degradación del suelo, lo cual acelera el agotamiento de recursos naturales esenciales; adicionalmente, la fuerte demanda de materiales convencionales como el cemento y el acero ha intensificado la explotación de materias primas, ejerciendo una presión ambiental considerable sobre los ecosistemas (Habert et al., 2020).

La nanotecnología aplicada al sector de la construcción ha generado importantes avances, especialmente en el mejoramiento del concreto, destacando la incorporación del grafeno, un nanomaterial que ha demostrado incrementar significativamente la resistencia a la compresión y a la tracción del concreto, además de aportar propiedades de autolimpieza en revestimientos y morteros; actualmente, el mercado dispone de más de dos mil tipos de nanopartículas con potencial

uso comercial, aunque muchas de ellas requieren aún evaluaciones complementarias para determinar su impacto ambiental a largo plazo, particularmente en lo que respecta a su interacción con el agua y los compuestos del cemento; entre los nanomateriales más empleados se encuentran el Nano-SiO₂, el Nano-Fe₂O₃, el Nano-TiO₂ y los nanotubos de carbono, los cuales tienen la capacidad de modificar las propiedades físicas y químicas del concreto (Muñoz et al., 2022).

Los nanomateriales han demostrado ser altamente eficaces en la mejora del concreto a escala nanométrica, ya que favorecen la hidratación del cemento y actúan como plastificantes, lo cual contribuye a incrementar su trabajabilidad; además, al funcionar como agentes reductores de agua, disminuyen la permeabilidad del material, lo que genera un notable incremento en su durabilidad y resistencia mecánica. Estas cualidades permiten extender el ciclo de vida de las estructuras y reducir significativamente los costos asociados al mantenimiento, favoreciendo así la sostenibilidad de proyectos tanto urbanos como rurales (Makul, 2020).

En los últimos años, se ha observado un notable incremento en la comercialización de materiales desarrollados a partir de nanotecnología, destacando entre ellos el grafeno, cuyo uso en mezclas de concreto ha demostrado ser altamente eficaz para mejorar de forma significativa sus propiedades mecánicas; esta mejora permite alcanzar un desempeño estructural más equilibrado en distintas aplicaciones. La adopción de estos materiales en proyectos de gran envergadura ha permitido evidenciar beneficios concretos, entre los que sobresalen la disminución de los costos de mantenimiento y la prolongación de la vida útil de las estructuras, lo que refuerza su valor como solución tecnológica avanzada en el ámbito constructivo (Peyvandi et al., 2018).

En el contexto Latinoamericano, el empleo de nanomateriales como el grafeno en la fabricación de concreto ha mejorado de manera constante en el sector de la construcción. Se busca optimizar la aplicación tecnológica de estos materiales para obtener concretos con propiedades mejoradas, contribuyendo así a edificaciones más eficientes y sostenibles. La innovación en la formulación de concretos avanzados permite no solo incrementar la resistencia mecánica, sino también optimizar la durabilidad y el comportamiento ante agentes externos agresivos (Molina & Garzón, 2017).

El concreto representa uno de los materiales más empleados en la ingeniería estructural, principalmente por su elevada resistencia, bajo costo y fácil disponibilidad de materias primas; su adaptabilidad en obras civiles lo convierte en un elemento fundamental para el desarrollo de infraestructuras modernas. La incorporación de nano-aditivos ha sido identificada como una estrategia eficaz para potenciar la resistencia del concreto tanto a la tracción como a la flexión, lo cual contribuye a mejorar su durabilidad y capacidad portante en aplicaciones estructurales. A su vez, investigaciones recientes señalan que el uso de nanotecnología puede disminuir el consumo de cemento en las mezclas, favoreciendo así la reducción de las emisiones de CO₂ asociadas al proceso productivo (Muñoz et al., 2021).

En el contexto nacional, el aumento progresivo de las edificaciones ha impulsado la necesidad de incorporar materiales de alto rendimiento e innovación tecnológica; en este escenario, el grafeno ha emergido como un nanomaterial transformador dentro del sector construcción, debido a sus sobresalientes propiedades mecánicas. Gracias a su estructura molecular, el grafeno es capaz de proporcionar un soporte estructural altamente eficiente, superando en resistencia incluso al acero y al diamante; su elevada capacidad para absorber energía antes de fracturarse lo convierte en un recurso idóneo para aplicaciones en edificaciones

que requieren alto desempeño estructural. Además, posee propiedades de conductividad que pueden ser utilizadas para optimizar la eficiencia energética de los edificios, ya que permiten reducir significativamente el consumo eléctrico en sistemas de climatización e iluminación (Gutiérrez et al., 2022).

El concreto modificado con grafeno ha evidenciado mejoras sustanciales en su resistencia tanto a la tracción como a la compresión, además de una mayor durabilidad, lo que permite la construcción de estructuras con mayor capacidad de deformación y comportamiento dúctil; estas cualidades resultan especialmente relevantes en edificaciones expuestas a eventos sísmicos u otras condiciones extremas, ya que permiten absorber mejor los esfuerzos sin comprometer la integridad estructural. Asimismo, este tipo de avances no solo optimiza el rendimiento estructural, sino que también prolonga significativamente la vida útil de las construcciones, dado que se ha estimado que el ciclo de vida de edificaciones fabricadas con concreto que contiene grafeno puede extenderse hasta cincuenta años más en comparación con aquellas hechas con concreto convencional; esto conlleva una notable disminución de la huella ecológica y una reducción considerable en los costos asociados a su rehabilitación (Benavente et al., 2025).

En la región de Cajamarca, el uso de nanomateriales como el grafeno en la construcción de edificaciones aún no es una práctica extendida; no obstante, investigaciones recientes han demostrado que la adición de nanopartículas tipo grafeno puede contribuir significativamente a la mejora del comportamiento físico y mecánico del concreto, permitiendo así el desarrollo de mezclas más resistentes y duraderas. Un ejemplo de ello es el estudio desarrollado por la Universidad Nacional de Cajamarca, el cual analizó la optimización del diseño de concreto aplicado en pavimentos rígidos mediante la incorporación de grafeno en una proporción del 0.70 %, logrando así un incremento en la resistencia a la compresión que alcanzó los 455.54 kg/cm² a

los 28 días, lo cual representa un aumento superior al 10 % en comparación con la resistencia especificada inicialmente en el diseño. Estos hallazgos indican que la aplicación de nanomateriales como el grafeno puede ofrecer alternativas innovadoras para la construcción de elementos estructurales con alta capacidad portante y elevada resistencia, lo que resulta especialmente útil en regiones sísmicas como Cajamarca; en consecuencia, se vuelve prioritario impulsar la investigación y adopción de soluciones sostenibles en el contexto constructivo local (González, 2024).

El propósito principal de esta investigación consiste en analizar de qué manera el grafeno, como material nanométrico, interviene a través de sus propiedades en la mezcla final del concreto, permitiendo así su perfeccionamiento mediante mejoras que responden tanto a características físicas como a comportamientos mecánicos específicos, lo cual lo convierte en un aditivo de alto potencial en el desarrollo de materiales de construcción más eficientes y duraderos.

Los principales antecedentes de investigación que se consideraron en esta investigación se delimitaron de acuerdo a su importancia e implicancia, los cuales son:

Según Jahami et al. (2023), en su artículo de investigación, tuvieron como objetivo analizar el impacto de incorporar pequeñas dosis de grafeno en la mezcla de concreto. Mediante un diseño experimental, cuantitativo y explicativo, en el estudio se utilizó proporciones de 0.02%, 0.035% y 0.05% en peso de cemento, evaluando parámetros como la densidad, el módulo de elasticidad, la resistencia a compresión y la resistencia a flexión. Las muestras se prepararon con un diseño de mezcla convencional (relación a/c de 0.5) y fueron sometidas a curado estándar por 28 días. Los resultados mostraron que, aunque la densidad del concreto no varió significativamente, sí se observó un incremento progresivo del módulo de elasticidad de hasta 15% con la mayor dosis de

grafeno. En cuanto a la resistencia a compresión, se registraron mejoras de 6.32%, 13% y 19.25% para los porcentajes crecientes de grafeno, siendo el 0.05% el más efectivo. Asimismo, la resistencia a flexión aumentó en todas las dosificaciones, alcanzando un valor de 5.51 MPa con 0.05% de grafeno. Además, los autores propusieron una nueva fórmula de correlación entre resistencia a compresión y a flexión específica para mezclas con grafeno, observando que éstas presentan una mayor ductilidad y capacidad tensil respecto al concreto convencional. Estos hallazgos evidencian que el grafeno, incluso en dosis mínimas, puede mejorar considerablemente las propiedades mecánicas del concreto, promoviendo soluciones más eficientes y sostenibles en la ingeniería civil.

Además, Amin y Kumar (2024) desarrollaron un estudio, en el cual se tuvo como objetivo evaluar el efecto de añadir grafeno en proporciones de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% sobre el peso del cemento en concreto de resistencia M30. Las mezclas fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días en probetas cúbicas y vigas prismáticas, midiendo propiedades como la trabajabilidad, la resistencia a compresión, la tracción y la flexión. El estudio evidenció que, a medida que aumentaba la cantidad de grafeno, la trabajabilidad disminuía notablemente, pasando de 98 mm (sin grafeno) a solo 60 mm con 2.0%. Sin embargo, las propiedades mecánicas mejoraron significativamente, observándose que los mejores resultados se obtenían con adiciones entre 1.0% y 1.5%. Las micrografías de SEM revelaron una mejora en la estructura interna del concreto, atribuida a la formación de cristales hidratados más densos gracias a la interacción del grafeno con los productos de hidratación. El autor concluye que el grafeno no solo incrementa la resistencia mecánica del concreto, sino que también actúa como inhibidor de la reacción álcali-sílice, aportando beneficios adicionales en durabilidad. Además, se destaca que el uso de este nanomaterial podría ser clave en

el diseño de mezclas de alto rendimiento, siempre que se garantice una adecuada dispersión para evitar aglomeraciones que afecten negativamente su desempeño.

A nivel nacional, Cotrina (2021), tuvo como objetivo determinar cómo influye el grafeno sintetizado mediante exfoliación líquida sobre la resistencia del concreto. La metodología aplicada fue de tipo cuantitativo, de nivel explicativo, con diseño experimental puro; se trabajó con 60 probetas cilíndricas y 15 vigas prismáticas, organizadas en cinco grupos: uno de control sin grafeno y cuatro grupos experimentales con dosificaciones de 0.10 g/l, 0.21 g/l, 0.35 g/l y 0.52 g/l de grafeno. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión conforme a las normas NTP y ASTM. Los resultados indicaron que, a los 28 días, la resistencia a la compresión fue de 261.95 kg/cm² para el concreto patrón, mientras que los valores obtenidos en las mezclas con grafeno fueron de 269.84 kg/cm² (GC-1), 273.49 kg/cm² (GC-2), 275.87 kg/cm² (GC-3) y 279.90 kg/cm² (GC-4), representando aumentos del 3.0 %, 4.4 %, 5.3 % y 6.9 % respectivamente en comparación con el grupo de control. En cuanto a la resistencia a la flexión, los resultados también a los 28 días fueron: 34.09 kg/cm² (control), 36.76 kg/cm² (GC-1), 36.31 kg/cm² (GC-2), 37.91 kg/cm² (GC-3) y 37.82 kg/cm² (GC-4), lo que refleja incrementos del 7.8 %, 6.5 %, 11.2 % y 11.0 % respectivamente. Se concluyó que el grafeno obtenido por exfoliación líquida mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto, tanto a compresión como a flexión, permitiendo identificar concentraciones óptimas que incrementan su desempeño estructural. Este estudio aporta al presente trabajo al evidenciar que el grafeno, en distintas concentraciones, representa una alternativa tecnológica viable para mejorar la resistencia del concreto, destacando su potencial como aditivo innovador en la ingeniería civil.

Vásquez y Flores (2022) desarrollaron una investigación con el propósito de examinar cómo la inclusión de nanopartículas de grafeno influye en el desempeño físico y mecánico del

concreto, especialmente en aspectos como la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y la durabilidad. Para ello, recurrieron a una metodología documental con enfoque no experimental y diseño transversal, basada en la revisión y análisis de fuentes científicas secundarias. Los resultados mostraron que al incorporar grafeno en proporciones del 0.02 % y 0.04 % respecto al peso del cemento, se alcanzó un incremento mínimo del 10 % en la resistencia a la compresión, mientras que una dosificación del 0.05 % generó una reducción en el asentamiento del concreto de entre el 3 % y el 26 %, afectando su trabajabilidad. En términos de durabilidad, se observó una disminución en la absorción de agua y en la presencia de compuestos agresivos como cloruros y sulfatos, además de una mayor resistencia frente a sustancias químicas. Los autores concluyeron que el grafeno tiene potencial como aditivo innovador para optimizar las propiedades mecánicas del concreto, aunque se debe considerar su impacto en la manejabilidad. Este antecedente aporta significativamente a la presente investigación al respaldar, mediante evidencia documental, la viabilidad del grafeno como adición efectiva para mejorar la resistencia y durabilidad del concreto estructural, especialmente en zonas como Cajamarca donde se requieren soluciones de alto rendimiento.

Pahuacho y Peñares (2020) llevaron a cabo un estudio con el propósito de examinar el impacto que tiene la incorporación de grafeno en el desempeño del concreto, particularmente en su capacidad de compresión y su trabajabilidad. Para ello, aplicaron un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, con nivel descriptivo y diseño experimental, donde se comparó una mezcla patrón con otras cuatro mezclas modificadas que incluían grafeno en porcentajes de 0.03 %, 0.05 %, 0.10 % y 0.15 %, en función del peso del cemento. Se utilizaron 45 probetas cilíndricas, las cuales fueron ensayadas a edades de 7, 14 y 28 días, evaluando su comportamiento tanto en estado fresco como endurecido. Los resultados indicaron que la mezcla con 0.15 % de grafeno

mejoró la trabajabilidad en un 35.3 %, medida a través del asentamiento con el cono de Abrams, mientras que en términos de resistencia a la compresión, la mezcla con 0.10 % alcanzó un valor máximo de 345.7 kg/cm², representando un incremento de hasta 16.2 % respecto al concreto sin adición, que mostró 296.0 kg/cm². Los autores concluyeron que el grafeno, en cantidades controladas, puede mejorar tanto la resistencia mecánica como la trabajabilidad del concreto, siendo el 0.10 % la proporción más efectiva, ya que cantidades mayores no generaron mejoras adicionales. Este antecedente fortalece el presente trabajo al brindar evidencia técnica sobre la dosificación óptima del grafeno en el diseño de concretos, aportando fundamentos para su aplicación estructural en contextos que demandan buen desempeño físico y mecánico.

Apaza y Rodríguez (2019), tuvieron como objetivo demostrar el efecto de la adición de grafeno en la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, con diseño preexperimental, aplicada a ensayos de laboratorio realizados conforme a las normas NTP 339.034 y NTP 339.035. Se trabajó con un grupo patrón sin grafeno y dos grupos experimentales con dosificaciones de 0.05 % y 0.1 % de grafeno respecto al peso del cemento, utilizando probetas cilíndricas de 20 unidades por grupo experimental y 3 del grupo control. Los ensayos se realizaron midiendo la resistencia a la compresión a los 28 días y la trabajabilidad mediante el método del asentamiento con slump test. Los resultados mostraron que la adición de 0.05 % de grafeno incrementó la resistencia en un 13 % y redujo la trabajabilidad en un 5.33 %, mientras que con una dosificación del 0.1 %, la resistencia aumentó en 14 %, pero la trabajabilidad disminuyó en 6.67 %. Se concluyó que el grafeno ejerce una influencia positiva en la resistencia del concreto sin comprometer de forma crítica su trabajabilidad. Este estudio aporta al presente trabajo al evidenciar que el grafeno

puede ser empleado como aditivo eficaz para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, representando una alternativa viable en el desarrollo de mezclas estructurales mejoradas.

Ocrospoma y Risco (2022) desarrollaron una investigación con el propósito de analizar el comportamiento físico-mecánico del concreto cuando se incorpora grafeno y micro sílice en proporciones variables. Para ello, implementaron una metodología aplicada con enfoque cuantitativo y diseño experimental, empleando 126 probetas: 108 cilíndricas y 18 prismáticas. Se utilizaron concretos de resistencia media con dosificaciones de 1 % y 1.5 % de grafeno ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$), así como concretos de alta resistencia con micro sílice al 1.5 % y 2.0 % ($f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$). Los resultados mostraron que, en el caso del grafeno, la dosificación de 1.5 % alcanzó una resistencia promedio a los 28 días de 226.43 kg/cm^2 , superando los 219.3 kg/cm^2 obtenidos con 1 % de adición. Asimismo, se obtuvo una resistencia a la flexión de 32.4 kg/cm^2 y una resistencia a la tracción de 19.07 kg/cm^2 . En cuanto a los concretos con micro sílice, el mejor desempeño se observó con la dosificación de 2.0 %, alcanzando una resistencia a la compresión de 626.13 kg/cm^2 , a la flexión de 72.93 kg/cm^2 y a la tracción de 51.02 kg/cm^2 . Los autores concluyeron que tanto el grafeno como la micro sílice permiten mejorar significativamente el comportamiento estructural del concreto, con aumentos relevantes en propiedades como compresión, tracción y flexión, aunque con una leve reducción en el asentamiento. Este antecedente fortalece el presente estudio al evidenciar que la incorporación de nanomateriales y aditivos minerales puede ser una estrategia eficaz para optimizar la resistencia y durabilidad en elementos estructurales, especialmente en contextos que exigen alto desempeño.

Guevara (2023) llevó a cabo un estudio enfocado en evaluar el efecto de incorporar nanoplacas de grafeno dispersadas por ultrasonido en el comportamiento del concreto de alta resistencia. La investigación utilizó un enfoque experimental, en el que se comparó una mezcla

de referencia con dos diseños que incluían dosificaciones de 0.27 % y 0.33 % de nanoaditivo. Se analizaron parámetros como la trabajabilidad, densidad, absorción, contenido de vacíos, resistencia a esfuerzos compresivos y flexionales. Los hallazgos indicaron que con un 0.27 % de NPG se logró una resistencia a la compresión de 50.39 kg/cm² (10.03 % superior al patrón), mientras que con 0.33 % el incremento fue de solo 8.53 kg/cm². Respecto a la capacidad de resistir fuerzas de flexión, se registró una mejora de 4.74 kg/cm² para 0.27 % y de 0.96 kg/cm² para 0.33 %. Además, con 0.27 % se alcanzó un asentamiento máximo de 7.9”, acompañado de mayor densidad endurecida, menor absorción de agua (1.80 %) y reducción del volumen de vacíos (4.32 %). Se concluyó que la dosis óptima fue 0.27 %, ya que mejoró significativamente el desempeño físico del concreto sin comprometer su trabajabilidad, mientras que dosis superiores no generaron mejoras por efectos de aglomeración. Este antecedente fortalece tu investigación al demostrar que es viable definir un porcentaje límite para las nanoplacas de grafeno, lo que permite alcanzar mejores propiedades mecánicas cuando se controla adecuadamente su dispersión en la mezcla.

Finalmente, a nivel local se considera el estudio e investigación de Gonzáles (2024), el cual tuvo como finalidad optimizar el diseño del concreto destinado a pavimentos rígidos mediante la incorporación de un aditivo de grafeno, evaluando sus efectos sobre la resistencia a la compresión y a la flexión. Para ello, se elaboró el diseño de mezcla con base en la finura de la combinación de agregados, empleando materiales provenientes de la cantera “La Victoria”, cemento portland Tipo I de Pacasmayo y el aditivo Nanographene Dispersion de la empresa Nanographene. Se fabricaron 144 especímenes cilíndricos y 144 prismáticos con y sin adición de grafeno en proporciones de 0.30%, 0.40%, 0.50%, 0.60% y 0.70% respecto al peso del cemento, los cuales fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días para medir su resistencia mecánica. Los

resultados evidenciaron que la dosificación óptima fue la de 0.70% de grafeno, logrando una resistencia a la compresión de 396.90 kg/cm² a los 7 días, 430.07 kg/cm² a los 14 días y 455.54 kg/cm² a los 28 días, así como una resistencia a la flexión de 44.53 kg/cm², 47.88 kg/cm² y 50.05 kg/cm², respectivamente, en los mismos periodos. Estos valores superan en más del 10% la resistencia de diseño establecida en 350 kg/cm², demostrando que el uso de grafeno permite mejorar significativamente las propiedades mecánicas del concreto sin comprometer los requisitos normativos para pavimentos rígidos.

Las Bases Teóricas que sustentan las variables de investigación son:

Concreto: El concreto es un material heterogéneo elaborado a partir de una mezcla dosificada de cemento Portland, agua, agregados finos y gruesos, pudiendo incorporar o no aditivos químicos y minerales, según las necesidades del proyecto estructural. Esta mezcla, al hidratarse e iniciar su proceso de fraguado mediante reacciones químicas, desarrolla una masa sólida con propiedades físico-mecánicas que le otorgan resistencia, durabilidad y estabilidad. Estas cualidades lo posicionan como el material más utilizado en la construcción de estructuras de ingeniería civil, debido a su versatilidad, disponibilidad y desempeño. El concreto es empleado en la ejecución de una amplia variedad de elementos estructurales y subestructurales tales como columnas, vigas, losas, cimentaciones, muros de contención, puentes y otras infraestructuras pertenecientes a obras civiles urbanas e industriales (RNE E.060, 2019).

Cemento: El cemento es una sustancia de textura fina con características hidráulicas que, al mezclarse con agua, forma una pasta capaz de fraguar y endurecer mediante reacciones químicas internas. Esta reacción permite que el material se adhiera eficazmente a los agregados, aportando cohesión, resistencia y estabilidad a la mezcla. Uno de los tipos más utilizados en el ámbito de la construcción es el cemento Portland, que se obtiene a través de la molienda del clínker, compuesto

principalmente por silicatos de calcio con propiedades hidráulicas. Para controlar el proceso de fraguado, se incorpora yeso durante su fabricación. Este tipo de cemento actúa como el principal aglomerante en la producción del concreto, garantizando su durabilidad y capacidad estructural. Por ello, es esencial en la elaboración de elementos constructivos como columnas, losas, vigas y cimentaciones, asegurando un adecuado desempeño en obras civiles (NTP 334.001, 2001).

Grafeno: El grafeno es un material nanométrico con estructura bidimensional, caracterizado por estar constituido por una capa única de átomos de carbono organizados en una disposición hexagonal. Esta configuración le confiere cualidades sobresalientes que lo distinguen de otros materiales, tales como su sobresaliente capacidad de conducir electricidad y calor, así como una resistencia mecánica considerable y una elevada flexibilidad estructural. Gracias a estas propiedades, el grafeno ha despertado gran interés en distintos campos de la ingeniería, especialmente en el sector de la construcción civil. En este ámbito, su integración en materiales compuestos, como el concreto, ha mostrado un potencial significativo para incrementar la resistencia, prolongar la durabilidad y optimizar el comportamiento mecánico del material. Asimismo, su uso se perfila como una solución innovadora para el desarrollo de tecnologías constructivas más eficientes y sostenibles. De esta manera, el grafeno se presenta como un aditivo con gran proyección en el diseño de mezclas avanzadas, contribuyendo a mejorar el rendimiento estructural y extender la vida útil de las edificaciones modernas (Urcuyo et al., 2021).

Nanomateriales: Los nanomateriales son estructuras extremadamente pequeñas que pueden encontrarse de forma natural en el medio ambiente o sintetizarse artificialmente a partir de sustancias como el carbono o metales como la plata. Estos materiales se definen por tener dimensiones inferiores a los 100 nanómetros, lo que significa que sus partículas son mil veces más pequeñas que el grosor de un cabello humano. A esta escala, los elementos exhiben propiedades

físico-químicas diferentes a las que presentan en tamaños mayores, como una mayor superficie específica, reactividad, conductividad y resistencia. La observación de estas partículas requiere instrumentos de alta precisión, ya que su tamaño tan reducido no permite verlas a simple vista, ni siquiera con microscopios ópticos convencionales. Por ello, su análisis se lleva a cabo en laboratorios especializados mediante microscopía electrónica. El uso de nanomateriales ha cobrado relevancia en diversos campos científicos, como la medicina, la electrónica y la ingeniería civil, especialmente por su potencial para mejorar las propiedades mecánicas, térmicas y funcionales de los materiales tradicionales (Molina y Garzón, 2017).

Resistencia a la compresión: Según lo establecido por ASTM International (2020), la resistencia a esfuerzos compresivos representa una de las características estructurales más relevantes del concreto, ya que permite evaluar su capacidad de soporte y determinar si cumple con los estándares de calidad para ser utilizado en edificaciones. Esta propiedad se evalúa mediante ensayos en laboratorio, aplicando una carga axial creciente sobre cilindros de concreto previamente moldeados y curados hasta provocar su ruptura. El procedimiento técnico se rige por la norma ASTM C39/C39M, la cual define los pasos para la preparación, curado y ensayo de los especímenes. Para determinar la resistencia, se calcula la relación entre la carga máxima aplicada y el área de la sección transversal del cilindro, expresando el resultado en unidades de megapascales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²). Esta medición no solo permite conocer la capacidad del concreto para resistir cargas sin fallar, sino que también constituye un parámetro esencial en el control de calidad de las mezclas. Evaluar esta propiedad garantiza que el concreto utilizado cumpla con los requerimientos estructurales y de seguridad establecidos en el diseño del proyecto, evitando fallas prematuras o deficiencias en su comportamiento a largo plazo.

F’C = Resistencia a la compresión, de acuerdo a las probetas de medida estándar, en MPa, sino cuenta con su edad, se comprende que son 28 días.

F’Cr = Resistencia media a la compresión del concreto, encargada de dosificar las mezclas, en unidades de kg/cm².

A continuación, se presenta la Tabla 1, que indica la desviación estándar para el diseño de mezcla según la resistencia requerida.

Tabla 1.

Resistencia a la compresión promedio

Resistencia especificada a la compresión, kg/cm ²	Resistencia promedio requerida a la compresión, kg/cm ²
F’C < 210	F’Cr = F’C + 70
210 ≤ F’C ≤ 350	F’Cr = F’C + 85
F’C > 350	F’Cr = 1.1 F’C + 50

Nota. Tomado de ACI Committee 318 (2019).

La Tabla 1 muestra los valores de resistencia promedio requerida en función de la resistencia especificada, según el ACI Committee 318 (2019). Esto garantiza la calidad estructural del concreto, se debe considerar un margen adicional que varía según los rangos establecidos.

Diseño de mezcla: El proceso de diseño de mezcla en ingeniería civil representa una etapa clave, ya que permite definir las proporciones precisas de los materiales que conforman el concreto, como el ligante, el agua, los agregados de diferentes tamaños y, en ciertos casos, aditivos específicos. Esta labor busca lograr un compuesto que cumpla con criterios técnicos de desempeño, tales como la resistencia estructural, la durabilidad frente al ambiente, la

manejabilidad y la compacidad. En este contexto, se procura que el concreto desarrollado tenga la capacidad estructural necesaria para resistir las cargas de servicio, mantener su forma en el tiempo y facilitar su aplicación durante la obra. Para alcanzar estos objetivos, se deben considerar diversos factores como el tipo y proporción del cemento, la granulometría y calidad de los agregados, la relación entre agua y cemento, y la incorporación de aditivos que mejoren las propiedades del material. En suma, este procedimiento busca balancear características fundamentales como la resistencia a esfuerzos, la facilidad de colocación, la densidad y el tiempo requerido para el fraguado, adaptándose a las condiciones del entorno y a las necesidades del proyecto (Mostafaei et al., 2023).

Rotura de probetas: De acuerdo con ASTM International (2020), el ensayo para llevar a cabo la rotura de probetas de concreto es uno de los métodos más utilizados para determinar la resistencia a la compresión del concreto endurecido. Este procedimiento consiste en aplicar carga de manera progresiva sobre especímenes cilíndricos hasta que se genere la fractura del elemento, midiendo así su capacidad para resistir esfuerzos de compresión. Este tipo de ensayo se lleva a cabo en laboratorios especializados bajo condiciones controladas que permiten obtener resultados fiables y reproducibles. Su ejecución proporciona información fundamental para evaluar la calidad estructural del concreto utilizado en obras civiles, ya que la resistencia a la compresión es una de las propiedades mecánicas más relevantes en el diseño y control de estructuras. Por tal motivo, los especímenes deben elaborarse siguiendo estándares técnicos precisos. En este contexto, la norma ASTM C31 establece los procedimientos adecuados para el moldeo, curado y manipulación de las probetas en campo, asegurando que estas representen fielmente el comportamiento del concreto en condiciones reales de obra.

Resistencia al concreto con respecto a los días 7, 14 y 28

De acuerdo con ASTM International (2020), la capacidad del concreto para soportar cargas mejora progresivamente conforme avanza su etapa de curado, siendo la edad un factor determinante en el desarrollo de sus características estructurales. Esta evolución está influenciada por aspectos como el tipo de cemento empleado, la calidad de los insumos, la proporción agua-cemento y las condiciones del curado. Las evaluaciones de resistencia a compresión realizadas a los 7, 14 y 28 días permiten observar su comportamiento estructural: al séptimo día puede alcanzar alrededor del 60 % de su capacidad final, al día 14 llega al 80 %, y a los 28 días se espera que cumpla con la resistencia de diseño. Estas pruebas son clave para verificar que el concreto cumple con los requisitos de calidad y desempeño establecidos para su aplicación en estructuras.

Fórmula

De acuerdo al vínculo entre las resistencias se tiene los días de edad de 7 y 28, se consigue la correspondiente formulación:

$$R(28) = C + KR(7)$$

R(28) = resistencia a la compresión con respecto a los 28 días de edad en kg/cm².

R(7) = resistencia a la compresión de acuerdo a los 7 días de edad en kg/cm².

C, K = son constantes que se basa con respecto al modelo de cemento.

Es importante tener en cuenta que la resistencia del concreto es por metro cúbico y su resistencia a la compresión pueden variar ampliamente. Dependiendo de las condiciones específicas bajo las cuales se ha fabricado y colocado la mezcla (INACAL, 2022).

A continuación, se presenta la Tabla 2, que indica los valores porcentuales alcanzados de la resistencia a la compresión según el tipo de cemento.

Tabla 2.

Resistencia del concreto

Porcentaje (%) de resistencia del concreto (28 días)					
Cemento	1	3	7	14	28
Tipo I	9 – 14	35 – 47	60 – 67	80 – 84	100
Tipo II	11 – 14	33 – 43	58 – 84	79 – 82	100
Tipo III	24 – 27	38 – 49	62 – 69	81 – 84	100
Tipo IV	10 – 19	36 – 46	60 – 66	80 – 83	100
Tipo V	17 – 32	44 – 55	65 – 72	83 – 86	100

Nota. Tomado de la NTP 339.034:2008, INACAL.

La Tabla 2 muestra los rangos porcentuales de resistencia del concreto alcanzados a diferentes edades (1, 3, 7, 14 y 28 días) según el tipo de cemento, conforme a la NTP 339.034:2015. Se observa que todos los tipos de cemento alcanzan el 100 % de su resistencia a los 28 días, siendo el Tipo V el que presenta mayor ganancia temprana.

A continuación, se presenta la Tabla 3, que indica las dimensiones de las probetas cilíndricas de concreto.

Tabla 3.

Dimensión de los cilindros de concreto

Diámetro de la probeta de ensayo mm	Máximo diámetro mm
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

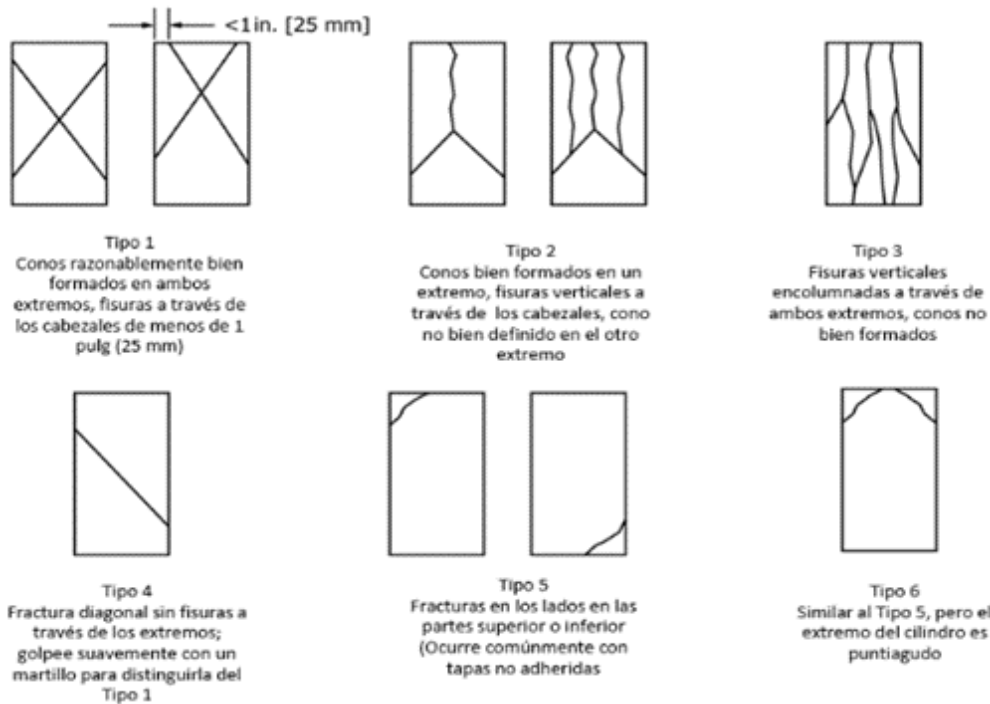
Nota. Tomado de la NTP 339.034:2008, INACAL.

La Tabla 3 muestra las dimensiones estándar de los cilindros de concreto según la NTP 339.034:2008. Relaciona el diámetro de la probeta con el tamaño máximo del agregado permitido. Esta correspondencia asegura una distribución adecuada del agregado durante los ensayos. Es clave para garantizar resultados precisos en pruebas de resistencia.

A continuación, se presenta la Figura 1, donde se detallan los tipos de fractura más comunes observados en probetas cilíndricas de concreto durante ensayos de compresión.

Figura 1.

Patrones fractura típicos en probetas de concreto



Nota. Tomado de la NTP 339.034:2008, INACAL.

La Figura 1 muestra los seis tipos de fractura en probetas cilíndricas de concreto las cuales se clasifican según la forma, dirección y localización de las fisuras, la figura muestra un total de 6 tipos de fractura de concreto.

La resistencia a la compresión de acuerdo a las probetas corresponde a la formulación:

$$RC = 4G/\pi d^2$$

Rc = resistencia de rotura a la compresión, en kg/cm².

G = Peso máximo de rotura, en kg.

d = Diámetro de la probeta cilíndrica, en cm.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la adición de grafeno en porcentajes de 0,05%, 0,1% y 0,15% en el mejoramiento de la resistencia del concreto de F’C 210 kg/cm² en Cajamarca, 2025?

1.3. Objetivos

Objetivo General

Analizar el mejoramiento de la resistencia del concreto de F’C 210 kg/cm² mediante la adición de grafeno en proporciones de 0.05%, 0.1% y 0.15% en Cajamarca, 2025.

Objetivos Específicos

Realizar la caracterización de los materiales a emplear en el diseño de mezcla ACI, según las normas establecidas.

Realizar el diseño de mezcla ACI, para elaborar las probetas patrón y las probetas con adición de grafeno a porcentajes de 0.05%, 0.1% y 0.15%.

Cuantificar el incremento de la resistencia del concreto de F’C 210 kg/cm² con la adición de grafeno en porcentajes de 0.05%, 0.1% y 0.15%, evaluando su comportamiento a los 7, 14 y 28 días.

Comparar la resistencia del concreto al adicionar grafeno en porcentajes de 0.05%, 0.1% y 0.15%, para determinar el impacto de cada porcentaje en la muestra patrón.

Identificar el porcentaje óptimo de grafeno que genere el mayor mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto F’C 210 kg/cm² sin comprometer su trabajabilidad.

1.4. Hipótesis

La adición de grafeno en proporciones de 0.05%, 0.1% y 0.15% contribuye a mejorar de forma significativa la resistencia a la compresión del con el diseño de f’c 210 kg/cm² en Cajamarca, 2025.

Justificación

Desde un enfoque metodológico, esta investigación se desarrolla bajo una estructura experimental, orientada a analizar de manera precisa el efecto que tiene la incorporación del grafeno en la capacidad del concreto para soportar cargas de compresión, empleando una resistencia de diseño de f’c = 210 kg/cm². Para ello, se realizaron comparaciones directas entre mezclas patrón y mezclas modificadas con adiciones de grafeno en tres niveles proporcionales: 0.05 %, 0.1 % y 0.15 %. Se utilizó un diseño cuantitativo, permitiendo aplicar procedimientos normalizados para elaborar las muestras de concreto, que luego fueron sometidas a ensayos de resistencia a la compresión en diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días), con el propósito de observar su evolución mecánica. Esta estrategia metodológica facilitó la obtención de información medible y replicable, lo que permitió evidenciar que el grafeno, como nanomaterial, tiene un efecto positivo en el rendimiento del concreto frente a esfuerzos de compresión.

Teóricamente, esta investigación se apoya en los avances contemporáneos relacionados con la nanotecnología aplicada al sector de la construcción, especialmente en el uso del grafeno como aditivo para mejorar el desempeño del concreto. Diversos estudios previos han respaldado

que la incorporación de nanomateriales como el grafeno favorece el desarrollo de propiedades mecánicas superiores, tales como una mayor resistencia a la compresión, una mejor microestructura interna, y una significativa reducción de la porosidad, lo que se traduce en una mayor capacidad de carga. En este contexto, la presente investigación aporta desde una perspectiva teórica y experimental, al proporcionar evidencia empírica sobre cómo el concreto se ve influenciado por la inclusión de grafeno en distintas proporciones, permitiendo evaluar de manera precisa su efecto sobre el comportamiento del material. Este aporte fortalecerá el cuerpo de conocimientos en el ámbito de la ingeniería civil, al contribuir con nueva información útil para el diseño de mezclas más eficientes y duraderas, ampliando así las posibilidades de innovación en la formulación de materiales de construcción.

Desde un enfoque aplicado, esta investigación tiene como propósito generar un aporte significativo en el sector de la construcción, mediante la evaluación del efecto del grafeno en la mejora de la resistencia del concreto, al ser incorporado en diferentes proporciones. La incorporación de este nanomaterial podría optimizar el desempeño del concreto, permitiendo formular mezclas más eficientes, lo cual contribuiría a reducir el uso de materiales convencionales y a prolongar la vida útil de las estructuras. Esta alternativa técnica no solo fortalecería la sostenibilidad en los proyectos de infraestructura, sino que además apoyaría la búsqueda de soluciones constructivas innovadoras adaptadas a los desafíos actuales del sector. Asimismo, los resultados obtenidos podrán servir como base para futuras investigaciones o diseños estructurales, brindando referencias concretas para la aplicación del grafeno en tecnologías avanzadas dentro del ámbito constructivo.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Enfoque

De acuerdo con la clasificación metodológica, el enfoque adoptado en esta investigación corresponde al tipo cuantitativo. Según lo expuesto por Zapata (2021), este enfoque se utiliza principalmente para comprobar hipótesis o aseveraciones a través del análisis estadístico y la aplicación de instrumentos de recolección de datos, lo cual permite cuantificar resultados y evaluarlos de forma objetiva. En este estudio, se recurrió al enfoque cuantitativo para determinar con precisión cómo influye la incorporación de grafeno en el incremento de la resistencia a la compresión del concreto. Esta elección metodológica posibilitó una comparación numérica rigurosa entre los valores obtenidos en las probetas patrón y aquellas modificadas, fortaleciendo la validez de los hallazgos experimentales mediante datos verificables y reproducibles.

Nivel de investigación

Según lo señalado por Hernández et al. (2014), la investigación de tipo explicativo se caracteriza por indagar las causas que generan ciertos eventos o fenómenos, enfocándose en el análisis detallado de las relaciones causales entre variables. En el presente estudio se recurrió a este nivel metodológico debido a que se pretendía identificar de forma precisa cómo influye la adición de grafeno, en tres proporciones distintas (0.05 %, 0.1 % y 0.15 %), en la resistencia a la compresión del concreto diseñado para soportar una carga de 210 kg/cm². Para ello, se llevaron a cabo pruebas experimentales bajo condiciones de control en los laboratorios de la Universidad Privada del Norte (UPN), lo que permitió observar con claridad los efectos del nanomaterial en el comportamiento estructural del concreto. Este tipo de investigación no solo posibilitó explicar

los resultados obtenidos, sino también comprender las razones detrás de ellos, aportando sustento técnico a su aplicación práctica en obras de la región de Cajamarca.

Tipo de la investigación

La presente investigación se clasifica como de tipo aplicada, dado que, según Miler (2011), este tipo de estudios se orienta a resolver problemas concretos en contextos definidos, empleando conocimientos técnicos provenientes de una o más disciplinas especializadas. Su propósito principal es generar información útil que pueda implementarse de manera práctica para atender necesidades reales, contribuyendo con soluciones efectivas a problemáticas de índole social, tecnológica o productiva. En este caso, la investigación adopta esta tipología debido a que, a través de ensayos de laboratorio, se buscó evaluar el efecto de la adición de grafeno sobre la resistencia a la compresión de un concreto con f'c de 210 kg/cm², generando así evidencia empírica aplicable a futuras mejoras en el diseño de mezclas estructurales.

Diseño

De acuerdo con Hernández et al. (2014), el diseño experimental se distingue por permitir modificar deliberadamente una o más variables independientes para observar sus efectos sobre una variable dependiente, todo ello bajo condiciones controladas que limitan la interferencia de factores externos. Este enfoque metodológico favorece el análisis de relaciones de causa y efecto entre las variables consideradas. En el presente estudio, se adoptó dicho diseño con el propósito de evaluar cómo influye la inclusión de grafeno en distintas dosificaciones sobre el comportamiento estructural del concreto. La aplicación controlada de cada proporción de grafeno permitió identificar con claridad las variaciones en la resistencia del material, validando empíricamente la hipótesis planteada. Asimismo, este tipo de diseño contribuyó a entender cómo

el aditivo modula las propiedades físico-mecánicas del concreto, en particular su capacidad para soportar cargas de compresión, siendo útil para establecer criterios técnicos aplicables en obras de ingeniería civil.

Población: En el contexto de una investigación, la población hace referencia al conjunto total de elementos que comparten ciertas características comunes y sobre los cuales se pretende extrapolar los hallazgos obtenidos. Según Arias (2012), la población está constituida por un número finito o infinito de unidades que presentan atributos similares, a partir de los cuales se proyectan las conclusiones del estudio. En el presente trabajo, la población estuvo compuesta por el total de probetas cilíndricas elaboradas, tanto las que correspondieron al grupo patrón como aquellas que incluyeron adición de grafeno en distintas proporciones.

Muestra: De acuerdo con Hernández et al. (2014), la muestra en una investigación corresponde a una fracción de la población seleccionada intencionadamente para representar sus características principales y permitir la obtención de datos relevantes, los cuales, si son correctamente analizados, pueden extrapolarse a toda la población bajo estudio. Para lograrlo, es fundamental aplicar criterios de selección rigurosos que aseguren la validez y confiabilidad de los resultados. En esta investigación se utilizó un muestreo de tipo no probabilístico, conformado por un total de 72 probetas cilíndricas. De estas, 18 correspondieron al grupo patrón de concreto con una resistencia de diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, ensayadas a las edades de 7, 14 y 28 días. Las 54 probetas restantes incluyeron adiciones de grafeno en tres proporciones distintas: 0.05 %, 0.10 % y 0.15 %, distribuidas en 18 unidades por cada dosificación, también evaluadas a los mismos intervalos de curado. Todas las muestras fueron diseñadas y ensayadas conforme a los procedimientos establecidos en la Norma ASTM C39.

A continuación, se presenta la Tabla 4, que indica la distribución de las probetas de concreto ensayadas en función de la edad de curado y el tipo de dosificación utilizada.

Tabla 4.

Detalles de la muestra

Descripción	Edad		
	7 días	14 días	28 días
Probetas patrón	6	6	6
0.05% Grafeno	6	6	6
0.10% Grafeno	6	6	6
0.15% Grafeno	6	6	6
Total	72		

La tabla 4 muestra el detalle de la muestra experimental, compuesta por un total de 72 probetas cilíndricas de concreto divididas en cuatro grupos las cuales serán ensayadas a diferentes edades.

Técnicas e instrumentos

Según Hernández et al. (2014), la observación directa se caracteriza por la participación activa del investigador, quien establece contacto personal con el fenómeno objeto de estudio. Esta técnica implica una supervisión sistemática y detallada del comportamiento o evento en su contexto real, sin intervenir en su desarrollo natural, permitiendo así obtener información precisa y confiable. En el presente estudio se empleó la técnica de observación directa durante la ejecución de los ensayos de laboratorio, con el propósito de analizar el comportamiento del concreto modificado mediante la adición de grafeno. Esta técnica permitió registrar con exactitud las reacciones del material, así como sus propiedades físicas y mecánicas durante las pruebas de resistencia, garantizando la objetividad en la recolección de datos experimentales.

De acuerdo con Toro (2020), los instrumentos de recolección de datos incluyen protocolos técnicos que ofrecen directrices precisas para la preparación de muestras, condiciones de curado, ejecución de ensayos y registro de resultados. Estos instrumentos son fundamentales para asegurar la consistencia, uniformidad y confiabilidad en los datos generados durante la investigación. En este estudio se utilizaron los protocolos del laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca, con el fin de desarrollar las pruebas de resistencia a la compresión tanto en las probetas patrón como en aquellas modificadas con adición de grafeno. Dichos protocolos estandarizados sirvieron como guía detallada para llevar a cabo de manera rigurosa cada fase experimental, garantizando así la validez técnica de los resultados obtenidos.

A continuación, se presenta la Tabla 5, que indica el resumen de las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de datos en la presente investigación.

Tabla 5.

Técnicas e instrumentos

Método de investigación	Técnicas de recopilación de datos	Instrumentos de recopilación de datos
Cuantitativo	Observación directa	Guía de observación (protocolos)

Nota. De acuerdo a las características del tema de investigación.

La Tabla 5 muestra que se utilizó un enfoque cuantitativo, aplicando la técnica de observación directa durante las fases experimentales. Como instrumento, se empleó una guía de observación basada en protocolos estandarizados. Estos permitieron registrar con precisión las condiciones de ensayo y los resultados obtenidos. La aplicación rigurosa de estos métodos aseguró la validez técnica de los datos recolectados.

Estrategia para la Recolección de Datos

Para Hernández y Duana (2020), la estrategia de recolección de datos en estudios experimentales consiste en organizar un conjunto sistemático de acciones para obtener información confiable mediante la observación, medición y análisis de variables. Este proceso requiere definir con precisión las técnicas e instrumentos empleados, así como las condiciones bajo las cuales se ejecutan los procedimientos. En esta investigación, la estrategia se centró en el análisis del comportamiento del concreto con adición de grafeno, aplicando normas técnicas y protocolos de laboratorio. A continuación, se describen los procedimientos realizados en cada etapa del experimento.

A continuación, se presenta la Tabla 6, que indica las normas y guías utilizadas para la ejecución de los ensayos de laboratorio en la Universidad Privada del Norte (UPN).

Tabla 6.

Guías que especifica los ensayos de laboratorio UPN

Guía	Fuentes
Análisis granulométrico de agregado	ASTM C136/NTP 400.012
Contenido de humedad	ASTM C566/NTP 399.185
Peso Unitario	NTP 400.017/ASTM C 29
Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino	NTP 400.022/ASTM C 128
Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso	NTP 400.021/ASTM C 127
Diseño de mezcla ACI	Norma ACI
Pruebas de resistencia del concreto	ASTM C39/ TP 399.034

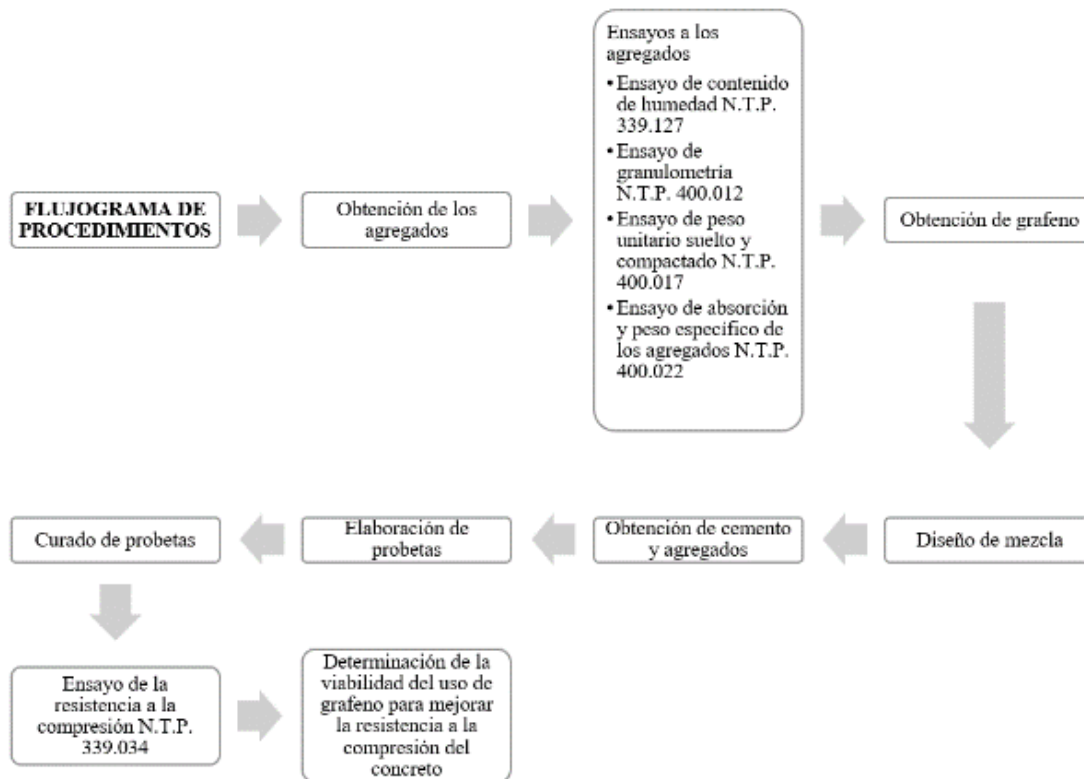
Nota. Según lo indicado en el laboratorio de la UPN y la NTP

La Tabla 6 muestra las normas técnicas utilizadas en los ensayos de laboratorio realizados en la UPN. Incluye procedimientos para analizar agregados, contenido de humedad, peso unitario y absorción. Se aplicaron normas ASTM, NTP y ACI para garantizar rigor técnico. Estas guías respaldan la confiabilidad de los resultados obtenidos.

A continuación, se presenta la Figura 2, donde se detalla el flujograma de procedimientos seguidos durante el desarrollo experimental de la investigación.

Figura 2.

Flujograma de procedimientos



La Figura 2 muestra el flujograma de los procedimientos realizados en la investigación. Incluye la obtención y ensayo de agregados, adquisición de grafeno y cemento, y diseño de mezcla. Luego se elaboraron y curaron las probetas para los ensayos de resistencia. Finalmente, se evaluó la viabilidad del grafeno en el concreto.

Paso 1. Caracterización de los agregados fino y grueso.

Para el presente estudio, se realizó la recolección de agregados finos y gruesos con el fin de ser sometidos a diferentes ensayos de laboratorio. Estos materiales fueron obtenidos de la cantera denominada “3M”, ubicada en la Av. Hermano Miguel Carducci, carretera 3N. Los agregados, clasificados como procedentes de río, presentaban características físicas adecuadas para su uso en concreto estructural. Según información proporcionada por el proveedor, dichos materiales fueron sometidos previamente a un proceso de lavado, lo cual permitió minimizar la presencia de impurezas como arcillas, limos u otros contaminantes. Esta etapa fue esencial para asegurar una adecuada calidad en los ensayos posteriores, especialmente en lo relacionado a la resistencia y trabajabilidad de las mezclas.

A continuación, se presenta la Figura 3, donde se muestra la ubicación de la cantera de donde se obtuvieron los agregados.

Figura 3.

Ubicación de la cantera



Nota. Google Maps

La Figura 3 muestra el recorrido que se tuvo que realizar para poder llegar a cantera donde se obtuvieron los materiales para luego ser trabajados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

Paso 1.1. Determinación del contenido de humedad de los agregados según (N.T.P. 339 127).

Para este ensayo se codifican y pesan las taras, se pesa el agregado fino y grueso, luego se ingresan estas taras a la estufa durante 24 horas a 105°, pasado ese tiempo se procede a retirar las taras y pesar el material seco.

Se determinará el contenido de humedad a través de la siguiente ecuación:

$$p = \frac{W - D}{D} * 100$$

Paso 1.2. Ensayo de análisis granulométrico según (NTP 400.012:2021).

Una vez que el material ha sido secado en estufa, se procede a extraer la muestra representativa para el ensayo. Posteriormente, se organizan los tamices en orden descendente de abertura, desde el de mayor diámetro hasta el menor. Luego, se realiza el proceso de tamizado, haciendo pasar el material a través del conjunto de mallas. Finalmente, se pesan los residuos retenidos en cada tamiz para calcular los porcentajes retenidos y determinar la distribución granulométrica del agregado.

$$(\%R.P.) = \frac{P.R.P}{Wms} * 100$$

Luego se determina el porcentaje de material pasante con la siguiente ecuación;

$$(\% \text{ que pasa}) = 100 - \%R. A.$$

Para dibujar la curva granulométrica se hizo uso de Excel en una escala logarítmica.

Paso 1.3. Ensayo para determinar el peso unitario, suelto y compactado de los agregados fino y grueso según (N.T.P. 400.017:2011).

Inicialmente, se registra el peso del molde vacío. Luego, para el ensayo con el agregado suelto, se llena el molde utilizando un cucharón hasta alcanzar el borde superior y se enrasan los excesos con una varilla; a continuación, se pesa y anota el resultado. Para el peso compactado, el procedimiento consiste en llenar el molde en tres capas uniformes, compactando cada capa con 25 golpes de varilla distribuidos de forma homogénea. Una vez completado el llenado, se vuelve a enrasar y se registra el peso. Ambos procedimientos se aplican tanto al agregado fino como al grueso.

Paso 1.4. Determinación de la absorción y peso específico de los agregados según (400.021:2013).

Se secan los agregados y los colocamos en un recipiente con agua que cubra los agregados completamente durante 24 horas; luego de esto, secamos superficialmente los agregados finos el cual corroboraremos con el cono y grueso cual es secado con un paño. Para el agregado fino pesamos 500 g de agregado e introducimos a la fiola, llenamos de agua hasta la marca, pesamos, decantamos el agua y solamente pesamos el agregado fino. Para el agregado grueso introducimos en la canastilla de la balanza y pesamos el material sumergido en agua.

Ambos materiales después de realizados estos procesos son llevados a la estufa por 24 horas y son pesados al sacarlos para determinar sus propiedades.

Paso 2. Diseño de mezcla del concreto de acuerdo a ACI (211.1).

Para el proceso de dosificación, se elaboraron cuatro tipos de mezclas: una mezcla patrón diseñada para alcanzar una resistencia de 210 kg/cm² y tres mezclas experimentales que incorporaron grafeno en proporciones de 0.05 %, 0.10 % y 0.15 % respecto al peso del cemento. Cada una de estas mezclas fue formulada aplicando el método establecido por el ACI 211.1, considerando la relación agua/cemento, el contenido de agregados, la incorporación de aditivos y la trabajabilidad requerida para cumplir con los parámetros del diseño estructural propuesto.

Paso 3. Elaboración de las probetas cilíndricas.

Se prepararon 78 probetas cilíndricas de concreto de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, divididas en cuatro grupos (18 patrón, y 18 por cada proporción de grafeno). Cada mezcla fue vertida en moldes cilíndricos en tres capas, compactando cada una con 25 golpes de varilla metálica. Posteriormente, se cubrieron con plástico y se curaron en condiciones estándar hasta su ensayo a los 7, 14 y 28 días (ASTM C31).

Paso 4. Ensayo de resistencia a la compresión.

Se realizaron pruebas de compresión en una prensa hidráulica calibrada. Cada cilindro fue sometido a carga axial continua hasta alcanzar la fractura.

La resistencia se calculó mediante la fórmula:

$$R_c = \frac{G}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

donde G es la carga de rotura en kg y d el diámetro del espécimen en cm. Los valores fueron tabulados y graficados para cada dosificación y edad de curado (ASTM C39).

Análisis de Datos

El análisis de datos en esta investigación se llevó a cabo siguiendo tres principios esenciales: primero, la organización sistemática de toda la información recopilada durante los ensayos; segundo, la interpretación crítica y deducción lógica de los resultados obtenidos; y tercero, la clasificación de los datos con base en criterios previamente definidos. Esta metodología permitió identificar tendencias, correlaciones y variaciones significativas entre las variables evaluadas, especialmente en relación con el comportamiento del concreto modificado con grafeno. Además, facilitó la validación de la hipótesis planteada y proporcionó una comprensión más profunda del impacto de las dosificaciones aplicadas, en coherencia con los objetivos de la investigación (Peña, 2017).

El proceso de información obtenidas en laboratorio se realizará el análisis mediante el Microsoft de Excel.

Para el análisis de información adquiridos mediante las pruebas en laboratorio se ejecutará de la siguiente manera:

- Recopilación de datos: se realizó por medio de la anotación de resultados de ensayos de probetas en laboratorio.
- Gráficos y tablas semejantes elaboradas a través de Excel.
- Evaluación del estudio fue mediante el Excel.
- Estudio de la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.

Aspectos Éticos

Según Álvarez (2018) la ética en la investigación adquiere un significado más preciso al contribuir con tres pilares fundamentales: dignidad, veracidad y credibilidad en el estudio elaborado. La ética, entendida como el conjunto de comportamientos que orientan la actitud humana hacia el bien, establece una conducta responsable ante la sociedad, promoviendo las buenas costumbres y el vínculo respetuoso entre investigadores, así como la integridad en los argumentos utilizados en las investigaciones. En el presente estudio de investigación, se recopilaron diversas fuentes como artículos científicos, tesis y material web, todas debidamente citadas respetando los derechos de autor, y los resultados serán respaldados por el laboratorio donde se elaboraron y ensayaron las probetas, contrario a ello, la falta de ética en la investigación se manifiesta en prácticas maliciosas como el engaño deliberado, que atenta contra la sinceridad científica, reflejándose en acciones como la falsificación de documentación, la manipulación de datos y el plagio de trabajos ajenos, por ello, esta investigación ha sido desarrollada bajo principios éticos sólidos y valores que garantizan su legitimidad y confiabilidad.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

Resultados de las propiedades de los agregados.

OE1: Realizar la caracterización de los materiales a emplear en el diseño de mezcla ACI, según las normas establecidas.

A continuación, se presenta la Tabla 7, que indica las pruebas para encontrar el Contenido de humedad del agregado grueso.

Tabla 7.

Contenido de humedad del agregado grueso

Contenido de humedad del agregado grueso					
Id	Descripción	Und	1	2	3
A	Identificación del recipiente o tara		T1	T2	T3
B	Peso del recipiente	gr	164,4	165,2	165,0
C	Recipiente + suelo húmedo	gr	3168,5	3199,6	3102,9
D	Recipiente + suelo seco	gr	3097,3	3119,2	3032,8
E	Peso del agua (Ww) C-D	gr	71,2	80,4	70,1
F	Peso suelo seco (Ws) D-B	gr	2932,9	2954,0	2867,8
W%	Porcentaje de humedad (E/F) *100	%	2,43	2,72	2,44
G	Promedio porcentaje humedad	%	2.53		

La Tabla 7 muestra los resultados después de realizar pruebas en el laboratorio de concreto del agregado grueso, donde se determinó que el contenido de humedad es del 2.53%. Las pruebas desarrolladas en el laboratorio desempeñaron un papel crucial en la identificación de las características físicas y mecánicas de los agregados finos y gruesos, insumos fundamentales en el proceso de diseño de mezclas de concreto. Dichos ensayos permitieron evaluar parámetros

esenciales como granulometría, resistencia, absorción y densidad, los cuales inciden directamente en la calidad de las mezclas y el desempeño estructural del concreto.

En esta investigación, se ejecutaron ensayos de resistencia a la compresión en especímenes de concreto con distintas proporciones de grafeno, comparándose sus resultados con muestras patrón. Los análisis evidenciaron una mejora significativa en la resistencia de las mezclas modificadas, reflejando un comportamiento superior respecto al concreto convencional.

A continuación, se presenta la Tabla 8, que indica los resultados del contenido de humedad del agregado fino, obtenidos a partir de tres muestras analizadas. Se incluye el cálculo individual y el promedio de humedad.

Tabla 8.

Contenido de humedad del agregado fino

Contenido de humedad del agregado fino					
Id	Descripción	Und	1	2	3
A	Identificación del recipiente o tara		T1	T2	T3
B	Peso del recipiente	gr	166,0	165,4	165,5
C	Recipiente + suelo húmedo	gr	3282,7	3305,9	3185,4
D	Recipiente + suelo seco	gr	3119,6	3103,0	3004,8
E	Peso del agua (Ww) C-D	gr	163,2	202,9	180,6
F	Peso suelo seco (Ws) D-B	gr	2953,6	2937,6	2839,3
W%	Porcentaje de humedad (E/F) *100	%	5,52	6,91	6,36
G	Promedio porcentaje humedad	%	6.26		

La Tabla 8 muestra el contenido de humedad del agregado fino fue de 6.26 %, lo cual refleja la cantidad de agua presente en el material, siendo un parámetro relevante en el diseño y producción del concreto. Un nivel adecuado de humedad es esencial para asegurar una mezcla de

calidad, ya que influye directamente en la resistencia y estabilidad del concreto. Si el contenido es elevado, puede comprometer la durabilidad y resistencia del material; en cambio, un nivel muy bajo podría reducir la trabajabilidad y dificultar la adherencia entre los componentes. Por ello, resulta indispensable controlar y ajustar este valor al momento de diseñar la mezcla, optimizando así el desempeño en obra.

A continuación, se presenta la Tabla 9, que indica los resultados obtenidos del análisis granulométrico del agregado fino mediante ensayo de tamizado.

Tabla 9.

Análisis granulométrico del agregado fino

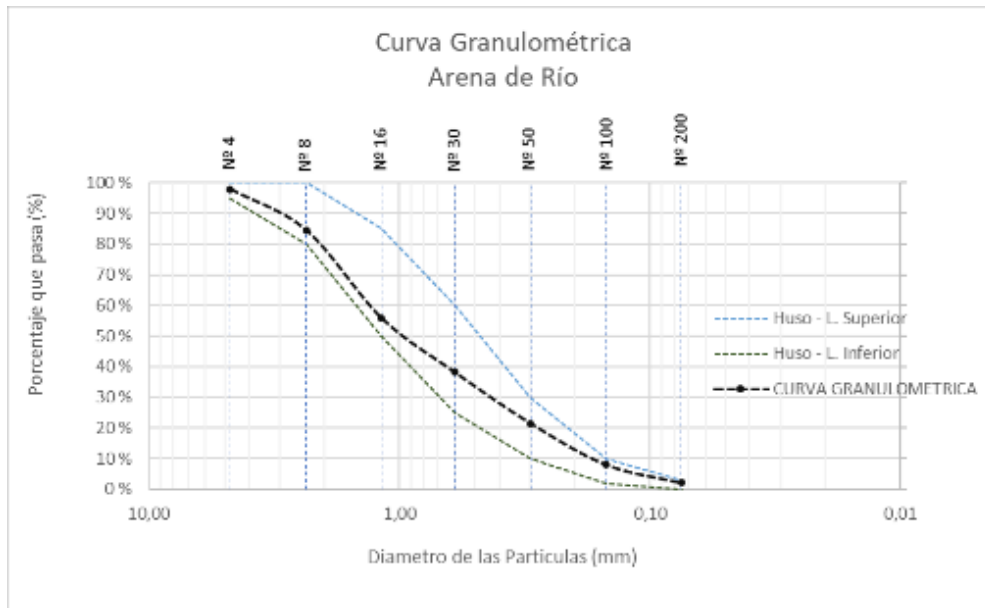
N°	Tamiz (Pulgadas) (mm)	Peso ret. (gr)	% ret.	% ret. Acum.	% pasan. Acum.	
1	N° 4	4,75	61,70	2,06	2,06	97,94
2	N° 8	2,36	402,30	13,41	15,47	84,53
4	N° 16	1,18	860,00	28,67	44,13	55,87
5	N° 30	0,60	530,80	17,69	61,83	38,17
6	N° 50	0,30	497,90	16,60	78,42	21,58
7	N° 100	0,15	403,40	13,45	91,87	8,13
8	N° 200	0,075	179,50	5,98	97,85	2,15
9	Bandeja		64,40	2,15	100,00	0,00

La Tabla 9 presenta los pesos retenidos en cada tamiz, el porcentaje retenido individual, acumulado y el porcentaje que pasa. Estos datos permiten evaluar la distribución de tamaños de partícula del agregado fino. El análisis es fundamental para clasificar el tipo de arena y verificar su idoneidad en mezclas de concreto. Finalmente, se calculó el módulo de finura, obteniéndose un valor de 2.94, lo que sugiere que se trata de un agregado fino de tipo medio.

A continuación, se presenta la Figura 4, donde se representa gráficamente la curva granulométrica del agregado fino analizado.

Figura 4.

Curva granulométrica del agregado fino



La Figura 4 muestra la distribución del porcentaje que pasa de las partículas del agregado fino en función del diámetro, en escala semilogarítmica. Se observa que la curva se encuentra dentro del huso granulométrico especificado por la norma, lo que indica que el material cumple con los rangos aceptables para arena de río.

A continuación, se presenta la Tabla 10, que indica los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso mediante tamizado.

Tabla 10.

Granulometría del agregado grueso

Nº	Tamiz (pulg)	Tamiz (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido (%)	% Retenido acumulado (%)	% Pasante acumulado (%)
----	-----------------	---------------	-----------------------	-------------------	-----------------------------	----------------------------

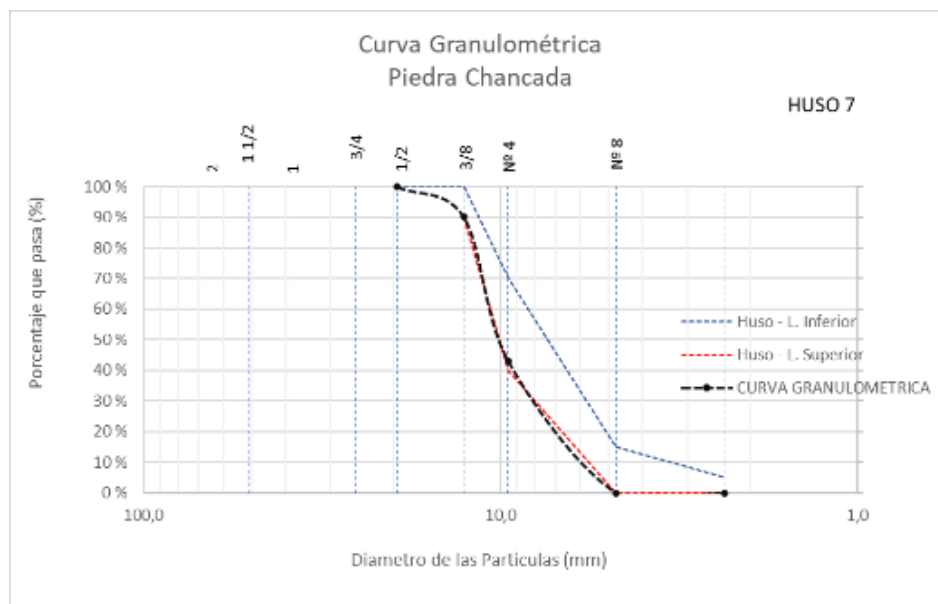
1	2	50,8	0,0	0,00	0,00	100,00
2	1 1/2	38,1	0,0	0,00	0,00	100,00
3	1	25,4	0,0	0,00	0,00	100,00
4	3/4	19,5	0,0	0,00	0,00	100,00
5	1/2	12,7	495,9	9,92	9,92	90,08
6	3/8	9,5	2352,2	47,04	56,96	43,04
7	N° 4	4,8	2151,9	43,04	100,00	0,00
8	N° 8	2,4	0,0	0,00	100,00	0,00
9	Bandeja	-	0,0	0,00	100,00	0,00

La Tabla 10 muestra los pesos retenidos y sus respectivos porcentajes en cada tamiz, así como los valores acumulados de retención y de material que pasa. Se observa que la mayor parte del material queda retenida en los tamices de 3/8” y N.º 4, representando un 90% del total.

A continuación, se presenta la Figura 5, donde se representa la curva granulométrica del agregado grueso.

Figura 5.

Curva granulométrica del agregado grueso



La Figura 5 muestra la distribución de tamaños de partículas del agregado grueso, expresada en porcentaje que pasa respecto al diámetro, bajo escala semilogarítmica. La curva granulométrica se ubica dentro del huso 7, delimitado por los límites superior e inferior normativos.

A continuación, se presenta la Tabla 11, que indica los resultados del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.

Tabla 11.

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Agregado grueso		Volumen molde		0.00911 m ³		
I	Descripción	Und	1	2	3	Resultado
d						
A	Peso del molde + AG compactado	Kg	18,360	18,480	18,620	
B	Peso de molde	Kg	4,780	4,780	4,780	
C	Peso del AG compactado, C=A-B	Kg	13,580	13,700	13,840	
D	Peso unitario compactado d=C/vol.Molde	kg/m ³	1460,22	1473,12	1488,17	1473,84
E	Peso del Molde + AG suelto	Kg	17,400	17,020	17,060	
F	Peso del AG suelto, F=E-B	Kg	12,620	12,240	12,280	
G	Peso unitario suelto, g=f/VOL.Molde	kg/m ³	1356,99	1316,13	1320,43	1331,18

La Tabla 11 muestra los cálculos realizados para obtener el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso, a partir del peso del molde con y sin material. Se determinó que el peso unitario compactado promedio es 1473,84 kg/m³, mientras que el peso unitario suelto es 1331,18 kg/m³.

A continuación, se presenta la Tabla 12, que indica los resultados del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

Tabla 12.

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Agregado grueso		Volumen Molde			0.00911	m ³
ID	Descripción	Und	1	2	3	Resultado
A	Peso del molde + AF compactado	kg	20,180	20,300	20,140	
B	Peso de molde	kg	4,780	4,780	4,780	
C	Peso del AG compactado, C=A-B	kg	15,400	15,520	15,360	
D	Peso unitario compactado d=C/vol.Molde	kg/m ³	1655,91	1668,82	1651,61	1658,78
E	Peso del Molde + AF suelto	kg	18,400	18,300	18,380	
F	Peso del AF suelto, F=E-B	kg	13,620	13,520	13,600	
G	Peso unitario suelto, g=f/VOL.Molde	kg/m ³	1464,52	1453,76	1462,37	1460,22

La Tabla 12 muestra los valores calculados a partir del peso del molde con y sin agregado fino, tanto en estado suelto como compactado. Se obtiene un peso unitario compactado promedio de 1658,78 kg/m³ y un peso unitario suelto de 1460,22 kg/m³.

A continuación, se presenta la Tabla 13, que indica los resultados obtenidos del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.

Tabla 13.

Peso específico y absorción del agregado grueso

Id	Descripción	Und	1	2	3	Prom.
A	Peso en el aire de la muestra seca	gr	2938,7	2939,4	2940,9	-
B	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca	gr	3000,0	3000,0	3000,0	-

C	Peso sumergido en agua de la muestra saturada (utilizando canasta)	gr	1847,2	1845,4	1848,5	-
D	Peso específico aparente seco p.e.a(seco)=A/B-C	gr/cm ³	2,549	2,546	2,554	2,550
E	Peso específico aparente SSS p.e.a(SSS)=B/B-C	gr/cm ³	2,602	2,598	2,605	2,602
F	Peso específico nominal p.e.n(SSS)=A/A-C	gr/cm ³	2,692	2,687	2,692	2,690
G	Absorción= ((B-A) /A) *100	(%)	2,09	2,06	2,01	2,052

La Tabla 13 muestra los pesos en aire y bajo agua de las muestras secas y saturadas, a partir de los cuales se calcularon los pesos específicos aparente seco, SSS y nominal. Los valores promedio obtenidos fueron 2,550 g/cm³ (aparente seco), 2,602 g/cm³ (SSS) y 2,690 g/cm³ (nominal). Asimismo, se determinó un porcentaje de absorción promedio de 2,052 %.

A continuación, se presenta la Tabla 14, que indica los resultados obtenidos del ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino mediante el uso de picnómetro.

Tabla 14.

Gravedad específica y absorción del agregado fino

Id	Descripción	Und	1	2	3	Prom.
A	Peso en el aire de la muestra desecada	gr	480,9	487,7	489,3	-
B	Peso del picnómetro aforado de agua	gr	1430,0	1430,0	1430,0	-
C	Peso del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	gr	1738,6	1741,8	1744,8	-
S	Peso al aire de la muestra saturada con superficie seca	gr	500,0	500,0	500,0	-
E	Peso específico aparente (Seco) PeA= (A)/(B+S-C)	gr/cm ³	2,513	2,591	2,642	2,582

F	Peso específico aparente (SSS) $PeA = \frac{S}{(B+S-C)}$	gr/cm ³	2,612	2,657	2,700	2,656
G	Peso específico nominal (Seco) $PeN = \frac{A}{(B+A-C)}$	gr/cm ³	2,791	2,773	2,804	2,789
H	Absorción = $\frac{(S-A)}{(A)} * 100$	(%)	3,97	2,53	2,19	2,893

La Tabla 14 muestra los datos de peso de la muestra seca, del picnómetro con agua y con agregado, así como el peso saturado superficialmente seco. A partir de estos valores se calcularon los pesos específicos aparente seco (2,582 g/cm³), SSS (2,656 g/cm³) y nominal (2,789 g/cm³). Además, se determinó un porcentaje de absorción promedio de 2,893 %.

A continuación, se presenta la Tabla 15, que indica el resumen de las principales características físicas de los agregados fino y grueso utilizados en el estudio.

Tabla 15.

Resumen de las características de los agregados

Descripción	A. Fino		A. Grueso	Und
P. Unitario suelto seco	1490.67	kg/m ³	1331.18	kg/m ³
P. Unitario Compactado seco	1658.78	kg/m ³	1473.84	kg/m ³
P. Específico Masa seca	2.79	gr/cm ³	2.69	gr/cm ³
Contenido de Humedad	2.53	%	6.26	%
% de Absorción	2.89	%	2.05	%
Módulo de fineza	2.94		7.8	
Tamaño Máximo nominal			0.75	''
CEMENTO Peso específico:	3.10		gr/cm ³	

La Tabla 15 muestra los valores obtenidos de peso unitario, peso específico, contenido de humedad, absorción, módulo de fineza y tamaño máximo nominal tanto del agregado fino como

del grueso. Además, se considera el peso específico del cemento utilizado, con un valor de 3.10 g/cm³.

OE2: Realizar el diseño de mezcla ACI, para elaborar las probetas patrón y las probetas con adición de grafeno a porcentajes de 0.05%, 0.1% y 0.15%.

Una vez determinadas las características de los agregados, podemos realizar nuestro diseño de mezcla ACI, con una resistencia estimada de 210kg/cm². Para lo cual tenemos las siguientes proporciones.

A continuación, se presenta la Tabla 16, que indica la dosificación del concreto patrón según el método de diseño de mezcla ACI para una resistencia de 210 kg/cm².

Tabla 16.

Dosificación del concreto patrón según diseño de mezcla ACI, con una resistencia de 210kg/cm²

Descripción				Cantidad	Und
Cemento	=	2,203	* 18 =	39.65	kg.
Agua	=	1,055	* 18 =	19.00	lt
Agregado Fino	=	5,513	* 18 =	99.23	kg.
Agregado Grueso	=	4,760	* 18 =	85.68	kg.
				243.56	

Nota. Pesos calculados para 18 probetas

La Tabla 16 muestra las cantidades de materiales necesarias para elaborar concreto patrón destinado a la fabricación de 18 probetas. Se incluyen las proporciones de cemento (39.65 kg), agua (19.00 litros), agregado fino (99.23 kg) y agregado grueso (85.68 kg), totalizando un peso de mezcla de 243.56 kg.

A continuación, se presenta la Tabla 17, que indica la dosificación del concreto con adición de grafeno al 0.05%, según el diseño de mezcla ACI para una resistencia de 210 kg/cm².

Tabla 17.

Dosificación del concreto con adición de grafeno al 0.05% en relación al peso del cemento según diseño de mezcla ACI, con una resistencia de 210kg/cm²

Descripción					Cantidad	Und
Cemento	=	2.203	*	18	=	39.65 kg.
Grafeno	=	0.011	*	18	=	0.20 kg
Agua	=	1.055	*	18	=	19.00 lt.
Agregado Fino	=	5.513	*	18	=	99.23 kg.
Agregado Grueso	=	4.760	*	18	=	85.68 kg.
						243.75

Nota. Pesos calculados para 18 probetas

La Tabla 17 muestra los pesos de los materiales necesarios para elaborar concreto modificado con grafeno, calculados para 18 probetas. Se incluyen cemento (39.65 kg), grafeno (0.20 lt), agua (19.00 kg), agregado fino (99.23 kg) y agregado grueso (85.68 kg), totalizando 243.75 kg.

A continuación, se presenta la Tabla 18, que indica la dosificación del concreto con adición de grafeno al 0.10%, según el diseño de mezcla ACI para una resistencia de 210 kg/cm².

Tabla 18.

Dosificación del concreto con adición de grafeno al 0.10% en relación al peso del cemento según diseño de mezcla ACI, con una resistencia de 210kg/cm²

Descripción					Cantidad	Und.
Cemento	=	2.203	*	18	=	39.65 kg.

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'C 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

Grafeno	=	0.022	*	18	=	0.40	kg.
Agua	=	1.055	*	18	=	19.00	lt.
Agregado Fino	=	5.513	*	18	=	99.23	kg.
Agregado Grueso	=	4.760	*	18	=	85.68	kg.
						243.95	

Nota. Pesos calculados para 18 probetas

La Tabla 18 muestra las proporciones de materiales requeridas para la elaboración de 18 probetas de concreto modificado con grafeno. Incluye cemento (39.65 kg), grafeno (0.40 lt), agua (19.00 kg), agregado fino (99.23 kg) y agregado grueso (85.68 kg), sumando un total de 243.95 kg.

A continuación, se presenta la Tabla 19, que indica la dosificación del concreto con adición de grafeno al 0.15%, conforme al diseño de mezcla ACI para una resistencia de 210 kg/cm².

Tabla 19.

Dosificación del concreto con adición de grafeno al 0.15% en relación al peso del cemento según diseño de mezcla ACI, con una resistencia de 210kg/cm²

Descripción	Cantidad Und.						
Cemento	=	2.203	*	18	=	39.65	kg.
Grafeno	=	0.033	*	18	=	0.59	kg.
Agua	=	1.055	*	18	=	19.00	lt.
Agregado Fino	=	5.513	*	18	=	99.23	kg.
Agregado Grueso	=	4.760	*	18	=	85.68	kg.
						244.15	

Nota. Pesos calculados para 18 probetas

La Tabla 19 muestra las cantidades de materiales utilizadas para elaborar concreto con una adición de grafeno al 0.15%, destinadas a la producción de 18 probetas. Se consideran: cemento (39.65 kg), grafeno (0.59 lt), agua (19.00 kg), agregado fino (99.23 kg) y agregado grueso (85.68 kg), alcanzando un peso total de 244.15 kg.

OE3: Cuantificar el incremento de la resistencia del concreto de F’C 210 kg/cm² con la adición de grafeno en porcentajes de 0.05%, 0.1% y 0.15%, evaluando su comportamiento a los 7, 14 y 28 días.

En esta sección se presentan los resultados tras el análisis de las cargas máximas aplicadas a cada probeta, procesadas mediante una hoja de cálculo en Excel. El objetivo principal fue evaluar la resistencia a la compresión de los especímenes, tanto de las mezclas convencionales como de aquellas con adición de grafeno en proporciones de 0.05 %, 0.10 % y 0.15 %, calculadas en relación al peso del cemento. En total, se ensayaron 72 cilindros de concreto, evaluados a los 7, 14 y 28 días de curado, con el fin de observar su evolución estructural en el tiempo.

A continuación, se presenta la Tabla 20, que indica los resultados de la resistencia a la compresión de las probetas de concreto patrón a los 7 días de curado.

Tabla 20.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas patrón a los 7 días de curado

Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio
Probeta P-1	7 días	176.95 kg/cm ²	
Probeta P-2	7 días	175.20 kg/cm ²	
Probeta P-3	7 días	175.47 kg/cm ²	175.74 kg/cm ²
Probeta P-4	7 días	176.72 kg/cm ²	

Probeta P-5	7 días	174.09 kg/cm ²
Probeta P-6	7 días	176.02 kg/cm ²
Desviación Estándar		1.057
Coeficiente de variabilidad		0.602%

La Tabla 20 muestra los valores individuales de resistencia a la compresión obtenidos de seis probetas ensayadas a los 7 días, alcanzando un promedio de 175.74 kg/cm². Además, se calculó una desviación estándar de 1.057 y un coeficiente de variabilidad de 0.602%, lo que refleja una alta uniformidad en los resultados.

A continuación, se presenta la Tabla 21, que indica los resultados de la resistencia a la compresión de las probetas patrón a los 14 días de curado.

Tabla 21.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas patrón a los 14 días de curado

Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio
Probeta P-1	14 días	184.78 kg/cm ²	186.96 kg/cm ²
Probeta P-2	14 días	186.56 kg/cm ²	
Probeta P-3	14 días	186.82 kg/cm ²	
Probeta P-4	14 días	188.29 kg/cm ²	
Probeta P-5	14 días	187.12 kg/cm ²	
Probeta P-6	14 días	188.18 kg/cm ²	
Desviación Estándar			1.282
Coeficiente de variabilidad			0.686%

La Tabla 21 muestra los valores individuales de resistencia a la compresión de seis probetas de concreto patrón, ensayadas a los 14 días. Se obtuvo un promedio de 186.96 kg/cm²,

con una desviación estándar de 1.282 y un coeficiente de variabilidad de 0.686%, evidenciando uniformidad en los resultados.

A continuación, se presenta la Tabla 22, que indica los resultados de la resistencia a la compresión de las probetas patrón a los 28 días de curado.

Tabla 22.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas patrón a los 28 días de curado

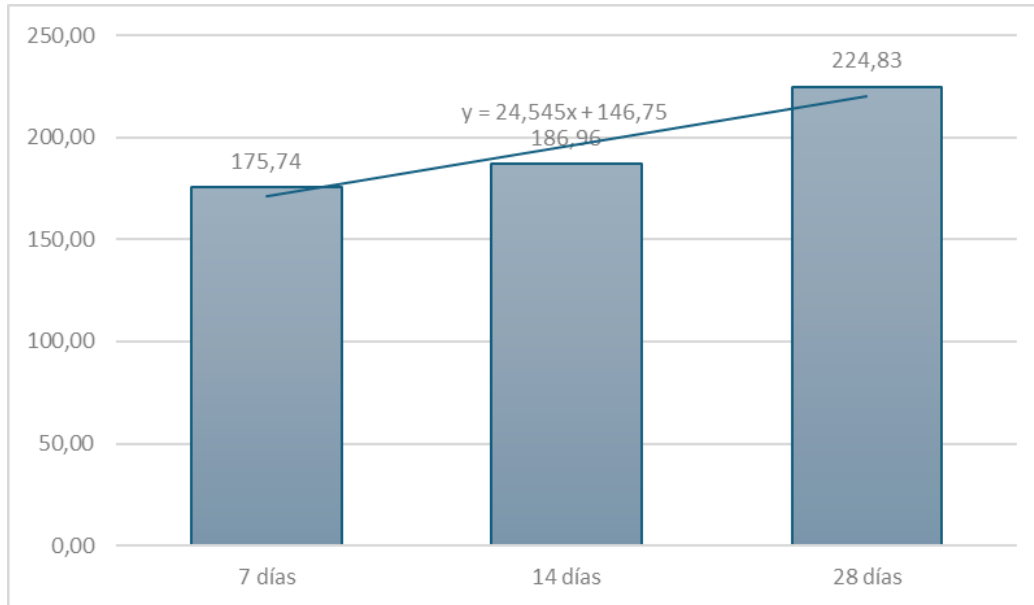
Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio
Probeta P-1	28 días	221.36 kg/cm ²	
Probeta P-2	28 días	226.44 kg/cm ²	
Probeta P-3	28 días	224.60 kg/cm ²	224.83
Probeta P-4	28 días	224.42 kg/cm ²	kg/cm ²
Probeta P-5	28 días	225.69 kg/cm ²	
Probeta P-6	28 días	226.48 kg/cm ²	
Desviación Estándar			1.914
Coeficiente de variabilidad			0.851%

La Tabla 22 muestra las resistencias individuales a la compresión obtenidas de seis probetas ensayadas a los 28 días, con un promedio de 224.83 kg/cm². La desviación estándar fue de 1.914 y el coeficiente de variabilidad de 0.851%, lo que indica una buena consistencia en los resultados.

A continuación, se presenta la Figura 6, donde se ilustra la evolución de la resistencia a la compresión promedio del concreto patrón a diferentes edades de curado.

Figura 6.

Evolución de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm²) del concreto patrón a diferentes edades



La Figura 6 muestra el incremento progresivo de la resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7, 14 y 28 días, con valores de 175.74, 186.96 y 224.83 kg/cm², respectivamente. La tendencia ascendente queda representada por una línea de regresión con ecuación $y = 24.545x + 146.75$, que refleja un desarrollo constante de resistencia en función del tiempo.

A continuación, se presenta la Tabla 23, que indica los resultados de resistencia a la compresión de las probetas con adición de grafeno al 0.05%, a los 7 días de curado.

Tabla 23.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición de grafeno al 0.05% en relación al peso del cemento a los 7 días de curado

Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio
Probeta 0.05%-1	7 días	179.29 kg/cm ²	
Probeta 0.05%-2	7 días	179.17 kg/cm ²	
Probeta 0.05%-3	7 días	179.02 kg/cm ²	
Probeta 0.05%-4	7 días	179.14 kg/cm ²	179.45 kg/cm ²
Probeta 0.05%-5	7 días	181.00 kg/cm ²	
Probeta 0.05%-6	7 días	179.08 kg/cm ²	
Desviación Estándar			0.765
Coeficiente de variabilidad			0.426%

La Tabla 23 muestra las resistencias a la compresión obtenidas de seis probetas modificadas con grafeno al 0.05%, tras 7 días de curado. El promedio alcanzado fue de 179.45 kg/cm², con una desviación estándar de 0.765 y un coeficiente de variabilidad de 0.426%, lo cual evidencia buena uniformidad en los resultados.

A continuación, se presenta la Tabla 24, que indica los resultados de resistencia a la compresión de las probetas con adición de grafeno al 0.05%, a los 14 días de curado.

Tabla 24.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición de grafeno al 0.05% en relación al peso del cemento a los 14 días de curado

Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio
Probeta 0.05%-1	14 días	188.46 kg/cm ²	
Probeta 0.05%-2	14 días	192.42 kg/cm ²	
Probeta 0.05%-3	14 días	191.06 kg/cm ²	189.15 kg/cm ²
Probeta 0.05%-4	14 días	189.38 kg/cm ²	
Probeta 0.05%-5	14 días	186.85 kg/cm ²	
Probeta 0.05%-6	14 días	186.71 kg/cm ²	
Desviación Estándar			2.285
Coeficiente de variabilidad			1.208%

La Tabla 24 presenta los valores de resistencia a la compresión de seis probetas con adición de grafeno al 0.05%, evaluadas a los 14 días. El promedio fue de 189.15 kg/cm², con una desviación estándar de 2.285 y un coeficiente de variabilidad de 1.208%, indicando una ligera dispersión en los resultados.

A continuación, se presenta la Tabla 25, que indica los resultados de resistencia a la compresión de las probetas con adición de grafeno al 0.05%, a los 28 días de curado.

Tabla 25.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición de grafeno al 0.05% en relación al peso del cemento a los 28 días de curado

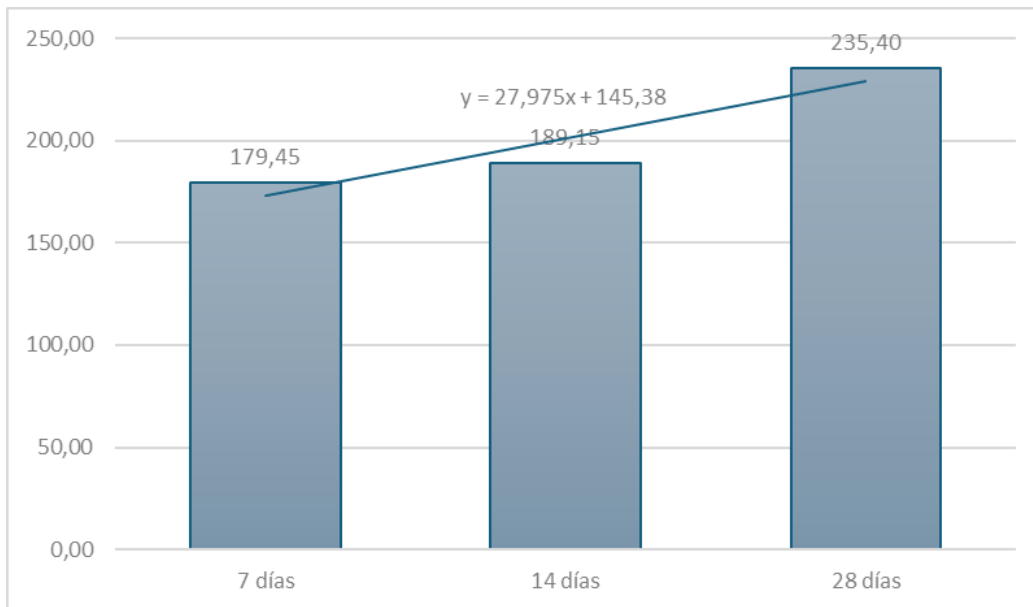
Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio	
Probeta 0.05%-1	28 días	234.05 kg/cm ²		
Probeta 0.05%-2	28 días	235.75 kg/cm ²		
Probeta 0.05%-3	28 días	234.06 kg/cm ²	235.40 kg/cm ²	
Probeta 0.05%-4	28 días	234.97 kg/cm ²		
Probeta 0.05%-5	28 días	235.81 kg/cm ²		
Probeta 0.05%-6	28 días	237.76 kg/cm ²		
Desviación Estándar				1.390
Coeficiente de variabilidad				0.591%

La Tabla 25 muestra los valores de resistencia a la compresión obtenidos de seis probetas de concreto con grafeno al 0.05%, ensayadas a los 28 días. El promedio alcanzado fue de 235.40 kg/cm², superior al del concreto patrón. La desviación estándar fue 1.390 y el coeficiente de variabilidad 0.591%, lo que indica buena consistencia en los resultados.

A continuación, se presenta la Figura 7, donde se representa la evolución de la resistencia a la compresión promedio del concreto con adición del 0.05% de grafeno, a diferentes edades de curado.

Figura 7.

Evolución de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm²) del concreto con adición del 0.05% de grafeno con relación al peso del cemento a diferentes edades



La Figura 7 muestra el incremento progresivo de la resistencia a la compresión del concreto modificado con 0.05% de grafeno, desde los 7 hasta los 28 días. Se observan valores de 179.45 kg/cm², 189.15 kg/cm² y 235.40 kg/cm², respectivamente. La tendencia se refleja en la ecuación de regresión $y = 27.975x + 145.38$, indicando un desarrollo más acelerado de resistencia respecto al concreto patrón.

A continuación, se presenta la Tabla 26, que indica los resultados de resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.10% de grafeno, a los 7 días de curado.

Tabla 26.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.10% de grafeno con relación al peso del cemento a los 7 días de curado

Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio
Probeta 0.10%-1	7 días	181.14 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-2	7 días	181.25 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-3	7 días	180.86 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-4	7 días	181.63 kg/cm ²	181.27 kg/cm ²
Probeta 0.10%-5	7 días	181.06 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-6	7 días	180.66 kg/cm ²	
Desviación Estándar			0.582
Coeficiente de variabilidad			0.321%

La Tabla 26 muestra los valores de resistencia a la compresión de seis probetas de concreto modificadas con grafeno al 0.10%, evaluadas tras 7 días. El promedio obtenido fue de 181.27 kg/cm², con una desviación estándar de 0.582 y un coeficiente de variabilidad de 0.321%, lo que refleja alta uniformidad en los resultados.

A continuación, se presenta la Tabla 27, que indica los resultados de resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.10% de grafeno, a los 14 días de curado.

Tabla 27.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.10% de grafeno con relación al peso del cemento a los 14 días de curado

Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio
Probeta 0.10%-1	14 días	188.36 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-2	14 días	187.25 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-3	14 días	188.31 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-4	14 días	192.23 kg/cm ²	189.72 kg/cm ²
Probeta 0.10%-5	14 días	191.71 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-6	14 días	190.44 kg/cm ²	
Desviación Estándar			2.036
Coeficiente de variabilidad			1.073%

La Tabla 27 muestra los valores de resistencia a la compresión de seis probetas de concreto con 0.10% de grafeno, ensayadas a los 14 días. Se obtuvo un promedio de 189.72 kg/cm², con una desviación estándar de 2.036 y un coeficiente de variabilidad de 1.073%.

A continuación, se presenta la Tabla 28, que indica los resultados de resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.10% de grafeno, a los 28 días de curado.

Tabla 28.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.10% de grafeno con relación al peso del cemento a los 28 días de curado

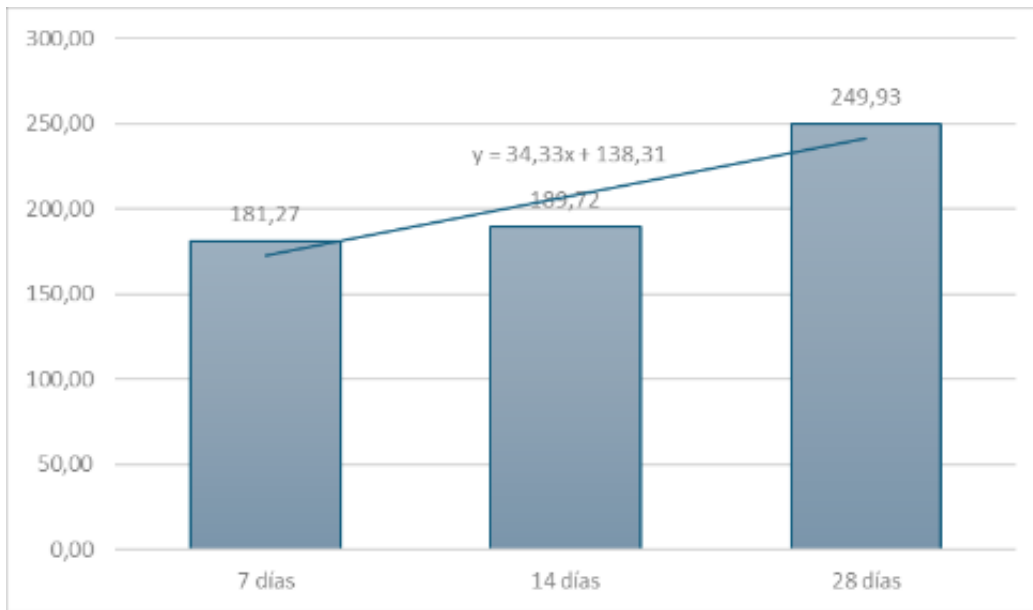
Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio
Probeta 0.10%-1	28 días	250.44 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-2	28 días	246.33 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-3	28 días	249.11 kg/cm ²	249.93 kg/cm ²
Probeta 0.10%-4	28 días	248.34 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-5	28 días	249.12 kg/cm ²	
Probeta 0.10%-6	28 días	256.26 kg/cm ²	
Desviación Estándar			3.381
Coeficiente de variabilidad			1.353%

La Tabla 28 muestra los valores de resistencia a la compresión de seis probetas con concreto modificado con 0.10% de grafeno, ensayadas a los 28 días. El promedio fue de 249.93 kg/cm², evidenciando una mejora significativa respecto al concreto patrón. La desviación estándar fue 3.381 y el coeficiente de variabilidad 1.353%, lo cual refleja una ligera dispersión, pero dentro de rangos aceptables para evaluar el impacto positivo del grafeno en la resistencia final del concreto.

A continuación, se presenta la Figura 8, donde se observa la evolución de la resistencia a la compresión promedio del concreto con adición del 0.10% de grafeno, en función de la edad de curado.

Figura 8.

Evolución de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm²) del concreto con adición del 0.10% de grafeno con relación al peso del cemento a diferentes edades



La Figura 8 muestra el comportamiento progresivo de la resistencia del concreto con 0.10% de grafeno a los 7, 14 y 28 días, con valores de 181.27, 189.72 y 249.93 kg/cm², respectivamente. La línea de tendencia lineal tiene como ecuación $y = 34.33x + 138.31$, reflejando un incremento más pronunciado en comparación con las dosificaciones anteriores.

A continuación, se presenta la Tabla 29, que indica los resultados de resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.15% de grafeno, a los 7 días de curado.

Tabla 29.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.15% de grafeno con relación al peso del cemento a los 7 días de curado

Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio	
Probeta 0.15%-1	7 días	187.95 kg/cm ²		
Probeta 0.15%-2	7 días	175.20 kg/cm ²		
Probeta 0.15%-3	7 días	186.83 kg/cm ²	187.12 kg/cm ²	
Probeta 0.15%-4	7 días	188.33 kg/cm ²		
Probeta 0.15%-5	7 días	186.72 kg/cm ²		
Probeta 0.15%-6	7 días	187.25 kg/cm ²		
Desviación Estándar				0.957
Coeficiente de variabilidad				0.511%

La Tabla 29 muestra los valores individuales de resistencia a la compresión de seis probetas de concreto con 0.15% de grafeno, obteniéndose un promedio de 187.12 kg/cm². La desviación estándar fue de 0.957 y el coeficiente de variabilidad 0.511%, lo que refleja una distribución homogénea de los datos.

A continuación, se presenta la Tabla 30, que indica los resultados de resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.15% de grafeno, a los 14 días de curado.

Tabla 30.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.15% de grafeno con relación al peso del cemento a los 14 días de curado

Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio
Probeta 0.15%-1	14 días	191.83 kg/cm ²	192.97 kg/cm ²
Probeta 0.15%-2	14 días	193.10 kg/cm ²	
Probeta 0.15%-3	14 días	195.34 kg/cm ²	
Probeta 0.15%-4	14 días	193.08 kg/cm ²	
Probeta 0.15%-5	14 días	191.99 kg/cm ²	
Probeta 0.15%-6	14 días	192.46 kg/cm ²	
Desviación Estándar			1.278
Coeficiente de variabilidad			0.662%

La Tabla 30 muestra las resistencias individuales a la compresión de seis probetas de concreto con adición del 0.15% de grafeno, obteniendo un promedio de 192.97 kg/cm². La desviación estándar fue de 1.278 y el coeficiente de variabilidad 0.662%, lo que indica resultados consistentes.

A continuación, se presenta la Tabla 31, que indica los resultados de resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.15% de grafeno, a los 28 días de curado.

Tabla 31.

Resultados de la resistencia a la compresión de las probetas con adición del 0.15% de grafeno con relación al peso del cemento a los 28 días de curado

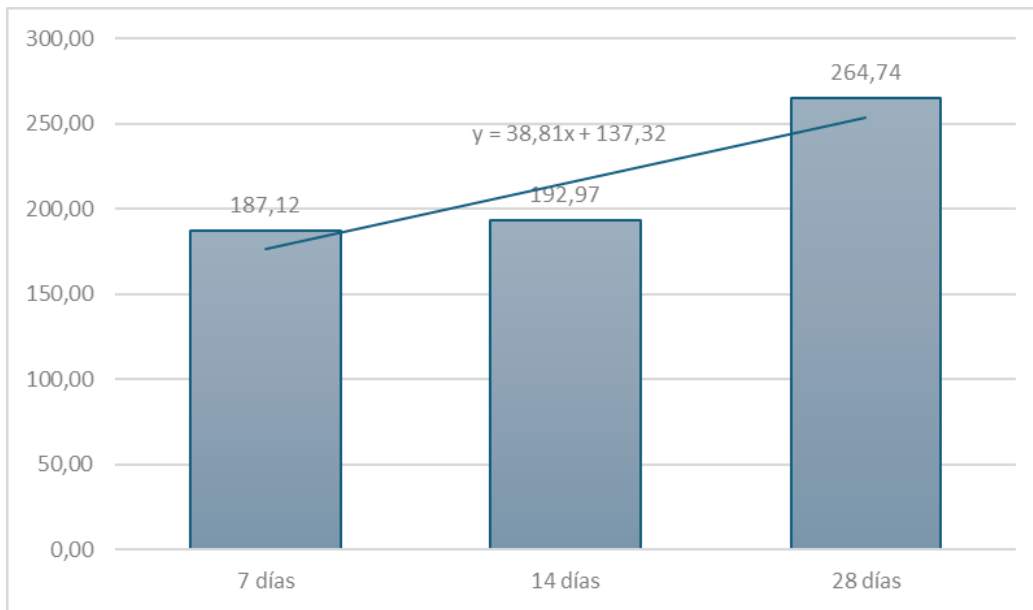
Descripción	Edad	Resistencia a la compresión	Promedio
Probeta 0.15%-1	28 días	263.57 kg/cm ²	
Probeta 0.15%-2	28 días	265.20 kg/cm ²	
Probeta 0.15%-3	28 días	260.95 kg/cm ²	
Probeta 0.15%-4	28 días	263.62 kg/cm ²	264.74 kg/cm ²
Probeta 0.15%-5	28 días	266.08 kg/cm ²	
Probeta 0.15%-6	28 días	268.99 kg/cm ²	
Desviación Estándar			2.722
Coeficiente de variabilidad			1.028%

La Tabla 31 muestra los valores individuales de resistencia a la compresión obtenidos en seis probetas de concreto con 0.15% de grafeno, con un promedio de 264.74 kg/cm². La desviación estándar fue de 2.722 y el coeficiente de variabilidad 1.028%, lo que indica una buena consistencia en los resultados.

A continuación, se presenta la Figura 9, donde se observa la evolución de la resistencia a la compresión promedio del concreto con adición del 0.15% de grafeno, en distintas edades de curado.

Figura 9.

Evolución de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm²) del concreto con adición del 0.15% de grafeno con relación al peso del cemento a diferentes edades



La Figura 9 muestra el comportamiento ascendente de la resistencia promedio del concreto con 0.15% de grafeno a los 7, 14 y 28 días, con valores de 187.12, 192.97 y 264.74 kg/cm², respectivamente. La línea de tendencia presenta la ecuación $y = 38.81x + 137.32$, indicando el mayor incremento de resistencia entre todas las dosificaciones.

OE4: Comparar la resistencia del concreto al adicionar grafeno en porcentajes de 0.05%, 0.1% y 0.15%, para determinar el impacto de cada porcentaje en la muestra patrón.

A continuación, se presenta la Figura 10, donde se compara la resistencia a la compresión promedio del concreto patrón y concreto con distintas adiciones de grafeno, a los 7 días de curado.

Figura 10.

Comparación de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm²) del concreto con distintas adiciones de grafeno con relación al peso del cemento a edad de 7 días.



La Figura 10 muestra que la resistencia a la compresión aumenta progresivamente al incorporar grafeno en proporciones de 0.05%, 0.10% y 0.15%, en comparación con el concreto patrón. Los valores fueron 175.74 kg/cm² (patrón), 179.45, 181.27 y 187.12 kg/cm² respectivamente, evidenciando que la mayor resistencia a los 7 días se logra con 0.15% de grafeno.

A continuación, se presenta la Figura 11, donde se compara la resistencia a la compresión promedio del concreto patrón y concreto con distintas adiciones de grafeno, a los 14 días de curado.

Figura 11.

Comparación de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm²) del concreto con distintas adiciones de grafeno con relación al peso del cemento a edad de 14 días.

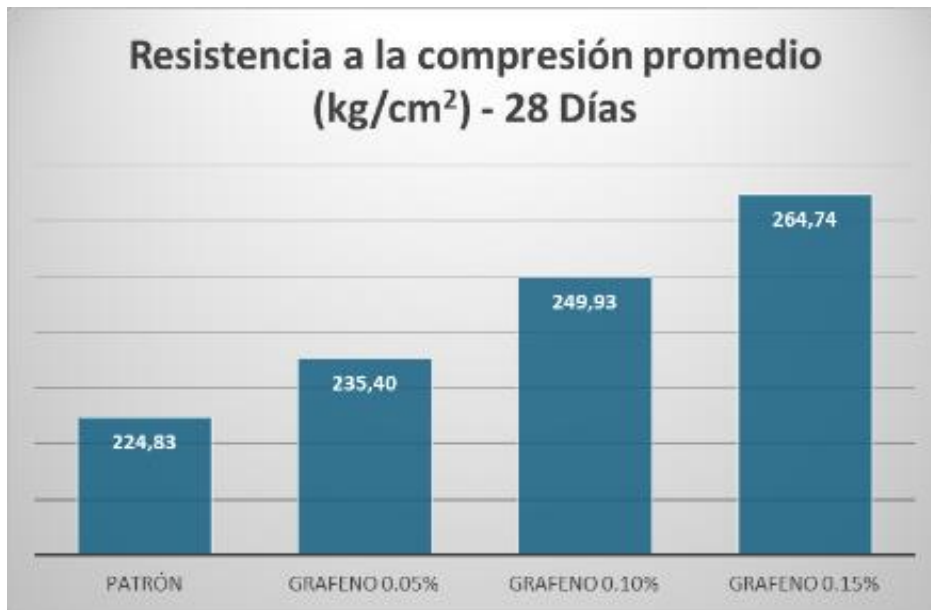


La Figura 11 evidencia que la resistencia a la compresión mejora progresivamente al incrementar el porcentaje de grafeno. El concreto patrón alcanzó 186.96 kg/cm², mientras que las mezclas con grafeno lograron 189.15 kg/cm² (0.05%), 189.72 kg/cm² (0.10%) y 192.97 kg/cm² (0.15%).

A continuación, se presenta la Figura 12, donde se compara la resistencia a la compresión promedio del concreto patrón y concreto con distintas adiciones de grafeno, a los 28 días de curado.

Figura 12.

Comparación de la resistencia a la compresión promedio (kg/cm²) del concreto con distintas adiciones de grafeno con relación al peso del cemento a edad de 28 días.



La Figura 12 muestra un incremento notable en la resistencia a la compresión a medida que se incrementa el porcentaje de grafeno. El concreto patrón alcanzó 224.83 kg/cm², mientras que las resistencias fueron de 235.40 kg/cm² con 0.05% de grafeno, 249.93 kg/cm² con 0.10%, y 264.74 kg/cm² con 0.15%.

OE5: Identificar el porcentaje óptimo de grafeno que genere el mayor mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto F’C 210 kg/cm² sin comprometer su trabajabilidad.

A continuación, se presenta la Tabla 32, donde se comparan los valores de resistencia a la compresión del concreto patrón y del concreto con diferentes porcentajes de grafeno, a edades de 7, 14 y 28 días de curado.

Tabla 32.

Resistencia a la compresión con distintos porcentajes de grafeno en distintas edades.

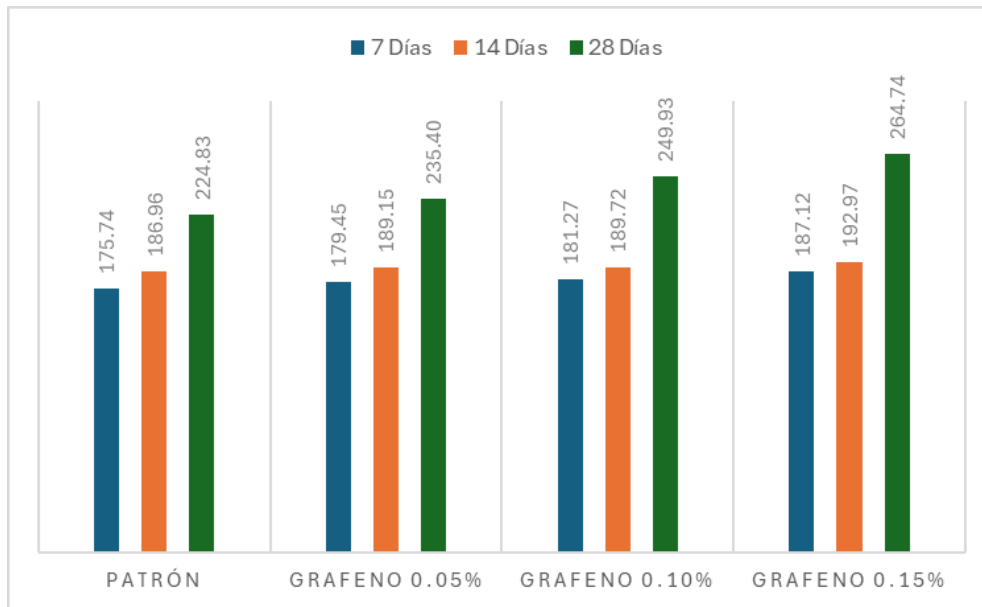
Descripción/edad	7 días	14 días	28 días
Patrón	175.74	186.96	224.83
Grafeno 0.05%	179.45	189.15	235.40
Grafeno 0.10%	181.27	189.72	249.93
Grafeno 0.15%	187.12	192.97	264.74

La Tabla 32 permite observar que el concreto con 0.15% de grafeno alcanza los valores más altos de resistencia a la compresión en todas las edades evaluadas: 187.12 kg/cm² (7 días), 192.97 kg/cm² (14 días) y 264.74 kg/cm² (28 días). Comparado con el concreto patrón, estos incrementos son significativos y progresivos. Este comportamiento sugiere que 0.15% de grafeno sería el porcentaje óptimo para mejorar la resistencia del concreto F’c = 210 kg/cm², sin evidencia de afectación en la trabajabilidad.

A continuación, se presenta la Figura 13, donde se grafica la resistencia a la compresión del concreto con distintos porcentajes de grafeno, comparando los resultados a los 7, 14 y 28 días de curado.

Figura 13.

Resistencia a la compresión con distintos porcentajes de grafeno en distintas edades.



La Figura 13 muestra visualmente el comportamiento ascendente de la resistencia conforme se incrementa la proporción de grafeno en el concreto. Se observa que el concreto con 0.15% de grafeno supera en todo momento al patrón y a las demás dosificaciones, confirmando su eficacia para elevar la resistencia mecánica. Este patrón indica que el 0.15% de grafeno constituye el porcentaje más eficiente, logrando una ganancia sostenida de resistencia sin evidencias de pérdida de uniformidad o trabajabilidad en la mezcla.

OG: Analizar el mejoramiento de la resistencia del concreto de F’C 210 kg/cm² mediante la adición de grafeno en proporciones de 0.05%, 0.1% y 0.15% en Cajamarca, 2025.

A continuación, se presenta la Tabla 33, que resume el porcentaje de mejoramiento en la resistencia a la compresión del concreto con distintas adiciones de grafeno respecto al concreto patrón, en edades de 7, 14 y 28 días de curado.

Tabla 33.

Mejoramiento de la resistencia a la compresión en %.

Porcentaje de Grafeno	Mejora de resistencia a 7 días (%)	Mejora de resistencia a 14 días (%)	Mejora de resistencia a 28 días (%)
Patrón	No Aplica	No Aplica	No Aplica
0.05%	2.11%	1.17%	4.71%
0.10%	3.14%	1.47%	11.17%
0.15%	6.47%	3.21%	17.76%

La Tabla 33 muestra que el concreto con 0.15% de grafeno presentó el mayor incremento de resistencia a la compresión, con mejoras de 6.47% a los 7 días, 3.21% a los 14 días y 17.76% a los 28 días, en comparación con el concreto patrón.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Limitaciones

El presente estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. Una de las principales limitaciones fue la obtención del grafeno, ya que su disponibilidad en el mercado local es limitada y depende de proveedores especializados, lo que incrementó los costos del material. Además, la pureza y el método de obtención del grafeno pueden variar según el proveedor, lo que podría influir en la consistencia y reproducibilidad de los resultados obtenidos.

Finalmente, debido a la novedad del uso de grafeno en concreto, aún existen brechas en el conocimiento respecto a su durabilidad a largo plazo, comportamiento frente a cargas cíclicas y exposición a ambientes agresivos, por lo que se recomienda continuar investigando en estos aspectos.

Interpretación comparativa

La finalidad central del presente estudio fue analizar cómo influye la incorporación de grafeno en tres dosificaciones distintas (0.05 %, 0.10 % y 0.15 %) sobre la resistencia a la compresión de mezclas de concreto con una resistencia de diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en el contexto geográfico de la ciudad de Cajamarca durante el año 2025. Para cumplir con este objetivo, se llevó a cabo una caracterización inicial minuciosa de los insumos, cumpliendo con las especificaciones técnicas establecidas en las Normas Técnicas Peruanas (NTP), lo que permitió asegurar uniformidad y calidad en los componentes utilizados, particularmente en los agregados y el cemento empleados para la elaboración de las probetas. Esta etapa metodológica

guarda coherencia con investigaciones previas como las desarrolladas por Cotrina (2021) y Ocrosopoma y Risco (2022), quienes también subrayaron la importancia de una adecuada caracterización de los materiales para garantizar la confiabilidad y reproducibilidad en ensayos experimentales. Asimismo, Jahami et al. (2023) remarcan que el diseño de mezcla y la relación a/c bien controlados son determinantes para aislar el efecto del grafeno en las propiedades mecánicas del concreto, lo cual también fue considerado en este trabajo.

Una vez diseñado el concreto patrón y las mezclas con grafeno según el método ACI, se prepararon las probetas y se evaluó su comportamiento mecánico, donde la inclusión del grafeno en proporciones progresivas permitió observar cambios consistentes en las propiedades del concreto, lo que coincide con los resultados de Pahuacho y Peñares (2020), quienes también trabajaron con porcentajes similares (0.03% a 0.15%) y encontraron un rendimiento óptimo en el 0.10%, con un incremento del 16.2%. En el presente estudio, el diseño con 0.10% alcanzó 249.93 kg/cm² a los 28 días, lo cual representa un incremento del 14.18% respecto al patrón, resultado coherente con dichos antecedentes. Esta tendencia también es comparable con la de Apaza y Rodríguez (2019), quienes registraron aumentos del 13% y 14% con dosificaciones de 0.05% y 0.10% respectivamente, validando el comportamiento ascendente del concreto al incorporar grafeno en dosis controladas.

En cuanto a la cuantificación del incremento de la resistencia, los resultados obtenidos mostraron una tendencia ascendente a medida que se aumentaba el contenido de grafeno, siendo más notorio en la dosificación de 0.15%, que alcanzó una resistencia de 264.74 kg/cm² a los 28 días. Esto representa un incremento sustancial comparado con los 231.80 kg/cm² del patrón. Estos resultados son consistentes con lo observado por Guevara (2023), quien destacó que proporciones moderadas de grafeno (0.27%) fueron más eficaces que concentraciones mayores,

debido a la mejor dispersión del material. Asimismo, los resultados superan a los obtenidos por Cotrina (2021), quien con 0.52 g/l obtuvo un aumento del 6.9%, lo cual podría explicarse por diferencias en la técnica de dispersión o en el tipo de grafeno utilizado. De igual forma, Jahami et al. (2023) indicaron mejoras progresivas de hasta 19.25% con 0.05% de grafeno, resultados que respaldan el comportamiento ascendente obtenido en esta investigación. Cabe destacar que la dosificación de 0.10% también alcanzó valores superiores a los registrados por Gonzáles (2024) en concretos para pavimentos rígidos, donde se necesitó un 0.70% de grafeno para superar los 450 kg/cm², evidenciando que, en mezclas bien diseñadas y homogéneas, pequeñas cantidades pueden ser más eficientes si se controla la dispersión.

Al comparar los efectos de los distintos porcentajes de adición, se identificó que el 0.15% fue la dosificación más eficiente, superando tanto en resistencia como en comportamiento homogéneo al 0.05% y 0.10%. Esto coincide parcialmente con lo reportado por Apaza y Rodríguez (2019), quienes obtuvieron los mejores resultados con 0.1%, aunque con una ligera pérdida en la trabajabilidad. En nuestro caso, si bien también se observaron variaciones mínimas en el asentamiento, estas no fueron significativas ni afectaron negativamente la calidad de la mezcla. Por su parte, Vásquez y Flores (2022) destacaron que incluso proporciones tan bajas como 0.02% y 0.04% generaban mejoras de hasta 10% en resistencia, aunque con disminución de asentamiento. Esta observación contrasta con nuestros resultados, donde no se evidenció pérdida notable de trabajabilidad, lo cual puede deberse a mejores condiciones de mezcla o calidad de agregados empleados.

Respecto a la identificación del porcentaje óptimo, nuestros hallazgos indicaron que el 0.15% de grafeno logró el mayor incremento en la resistencia a la compresión sin comprometer de forma evidente la trabajabilidad ni los costos de producción. Esto difiere ligeramente de los

estudios de Ocrosopoma y Risco (2022), quienes utilizaron proporciones mucho mayores (hasta 1.5%), obteniendo una resistencia de 226.43 kg/cm², mientras que en este estudio se alcanzaron valores superiores con una dosis mucho menor. También difiere de lo propuesto por Amin y Kumar (2024), quienes concluyeron que dosis entre 1.0% y 1.5% eran las más efectivas, aunque también reportaron una reducción significativa en la trabajabilidad desde el 1.0%. Por ello, se puede afirmar que el presente estudio no solo confirma la efectividad del grafeno como aditivo, sino que demuestra que su eficiencia técnica y económica puede ser mayor en proporciones más reducidas, si se controla la calidad y homogeneidad de la mezcla.

Finalmente, si bien estudios como el de Vásquez y Flores (2022) reportaron incrementos del 10% con apenas 0.02%–0.04% de grafeno, también señalaron una disminución importante en la trabajabilidad. En contraste, en el presente trabajo no se evidenció una pérdida significativa de consistencia en las mezclas, lo que podría deberse a un manejo más eficiente en la preparación o al uso de agregados con mejores características de absorción. Gonzáles (2024) también logró buenos resultados en pavimentos rígidos con dosificaciones de hasta 0.70%, pero en contextos donde los diseños de mezcla y exigencias estructurales son diferentes a los de la presente investigación, por lo que sus datos sirven más como referencia comparativa externa.

En resumen, los hallazgos obtenidos en esta investigación evidencian que la incorporación de grafeno en proporciones controladas contribuye de manera significativa al incremento de la resistencia a la compresión del concreto con una resistencia característica de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Si bien todas las dosificaciones evaluadas presentaron mejoras en el desempeño mecánico, la proporción de 0.15 % fue la que alcanzó los mejores resultados bajo las condiciones experimentales establecidas. Estos datos respaldan la aplicabilidad del grafeno como aditivo innovador en la formulación de concretos estructurales de alta resistencia, especialmente en

contextos como el de la región Cajamarca, donde se busca optimizar la durabilidad y desempeño de las construcciones.

Implicancias y futuros estudios

Los resultados obtenidos en esta investigación generan importantes aportes para el ámbito de la ingeniería civil, especialmente en lo que respecta a la incorporación de grafeno como aditivo en el diseño de mezclas de concreto. Se ha comprobado que la adición de grafeno en proporciones adecuadas constituye una estrategia eficaz para mejorar la resistencia a la compresión del concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Este hallazgo sugiere que dicho nanomaterial puede emplearse como recurso clave en la producción de concretos estructurales de mayor durabilidad y capacidad resistente, siendo particularmente útil en proyectos que demandan un alto desempeño mecánico. Se recomienda, en futuras investigaciones, evaluar otras variables como la adherencia, flexión y comportamiento ante ciclos térmicos o químicos, así como explorar su efecto en elementos estructurales a escala real.

Desde un enfoque aplicado, el uso de grafeno en la fabricación de concreto puede representar una solución innovadora para optimizar la calidad de las estructuras civiles e infraestructuras sometidas a cargas exigentes o condiciones ambientales severas. Esta incorporación no solo contribuye a mejorar el comportamiento estructural, sino que también permite disminuir los costos asociados al mantenimiento durante el ciclo de vida útil de las edificaciones, favoreciendo así la sostenibilidad dentro del sector construcción.

Respecto a futuras investigaciones, se recomienda ampliar el análisis hacia otras propiedades del concreto, como la resistencia al desgaste superficial, la impermeabilidad y la resistencia a esfuerzos de flexión. Asimismo, sería pertinente examinar el rendimiento del

concreto modificado con grafeno en entornos reales de aplicación, considerando variables como fluctuaciones térmicas, contenido de humedad y exposición a agentes químicos agresivos, con el objetivo de validar su desempeño frente a escenarios complejos.

También se recomienda realizar estudios a largo plazo que permitan evaluar la durabilidad y el comportamiento del concreto con grafeno bajo cargas cíclicas, así como pruebas en condiciones reales que incluyan monitoreo continuo de la resistencia mecánica y análisis de costos en proyectos de infraestructura a gran escala. Finalmente, dada la variabilidad en los resultados según el tipo y la pureza del grafeno utilizado, es fundamental estandarizar los procesos de producción y aplicación para garantizar la reproducibilidad de los resultados en diferentes contextos constructivos.

Conclusiones

La caracterización inicial de los agregados y del cemento permitió asegurar que los materiales utilizados cumplieran con los requisitos técnicos necesarios para lograr un concreto estructural de calidad.

Las mezclas de concreto con adición de grafeno fueron formuladas cuidadosamente conforme al método ACI, garantizando precisión en las proporciones, así como la uniformidad y adecuada trabajabilidad en cada dosificación propuesta.

El desarrollo del presente estudio permitió cuantificar el incremento en la resistencia a la compresión del concreto con una resistencia de diseño de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, al incorporar grafeno en proporciones de 0.05%, 0.10% y 0.15%. Estas mezclas fueron evaluadas a través de ensayos realizados a los 7, 14 y 28 días. Los resultados obtenidos demostraron que la incorporación del

grafeno como aditivo tuvo un efecto positivo, mejorando significativamente la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón. En particular, se evidenció que la dosificación de 0.15% alcanzó el mejor desempeño, con una resistencia promedio de 264.74 kg/cm² a los 28 días, lo cual representa un incremento considerable frente al concreto sin grafeno.

El análisis comparativo entre las muestras convencionales y las que incluyeron grafeno permitió establecer que todas las proporciones ensayadas generaron mejoras en la resistencia mecánica. No obstante, la dosificación de 0.15% se destacó por obtener los valores más altos, consolidándose como la opción más eficaz dentro de las condiciones experimentales de este estudio. Estos hallazgos sugieren que el grafeno puede considerarse una alternativa innovadora y viable para el diseño de concretos con mayores exigencias estructurales, aportando beneficios tanto en la resistencia como en la durabilidad del material en aplicaciones constructivas.

El estudio permitió identificar que la dosificación óptima de grafeno fue del 0.15 %, ya que esta proporción no solo presentó el mayor incremento en la resistencia a la compresión del concreto, sino que además mantuvo niveles adecuados de trabajabilidad, lo cual es esencial para su manipulación y colocación en obra. Desde una perspectiva económica y técnica, la adición de 0.15 % de grafeno resultó ser la más eficiente, maximizando el rendimiento sin comprometer la ejecución del concreto en condiciones reales de aplicación.

Asimismo, se logró cumplir con el objetivo general de la investigación, que fue analizar el efecto del grafeno en la mejora de la resistencia del concreto con $f'c = 210$ kg/cm², empleando porcentajes de 0.05 %, 0.10 % y 0.15 % en la ciudad de Cajamarca durante el año 2025. Los resultados obtenidos evidencian que el grafeno actúa como un aditivo altamente prometedor para optimizar las propiedades mecánicas del concreto, siendo la dosificación de 0.15 % la que

reportó el desempeño más favorable. Este hallazgo respalda el potencial del grafeno como una alternativa tecnológica eficiente, capaz de fortalecer la resistencia estructural del concreto, lo cual contribuye significativamente a la construcción de infraestructuras más sólidas, duraderas y sostenibles en contextos exigentes como el de Cajamarca.

Recomendaciones

Para garantizar la calidad de las mezclas, resulta fundamental realizar una caracterización detallada de los materiales mediante ensayos como el análisis granulométrico, peso unitario, absorción y peso específico, siguiendo estrictamente las normas técnicas peruanas y utilizando instrumentos calibrados que aseguren precisión en los resultados.

Es conveniente que el diseño de mezcla se base en el método ACI 211.1-91, considerando ajustes específicos en la relación agua/cemento en función de la absorción de los agregados y los efectos del grafeno en la trabajabilidad del concreto. Elaborar previamente mezclas patrón sin aditivos permitirá establecer una base comparativa sólida para evaluar los efectos del grafeno en diferentes proporciones.

Con el propósito de obtener una visión más completa del comportamiento del concreto a lo largo del tiempo, se sugiere extender los ensayos de resistencia a edades posteriores como 56 y 90 días. Esta medida permitirá observar posibles desarrollos diferidos de la resistencia, especialmente relevantes al utilizar aditivos como el grafeno que pueden alterar el proceso de hidratación del cemento.

Ante la posibilidad de formación de aglomeraciones, no se recomienda utilizar proporciones superiores al 0.15% de grafeno sin antes implementar técnicas de dispersión

eficientes como el ultrasonido o el uso de aditivos dispersantes compatibles. Estos métodos contribuirán a lograr una mezcla homogénea y a mantener la efectividad del nanomaterial en la matriz cementicia.

Sería ideal validar la aplicación del concreto con 0.1% de grafeno en proyectos reales, particularmente en zonas de alta actividad sísmica como Cajamarca. Para ello, se propone implementar experiencias piloto que incluyan control de calidad en obra, medición de propiedades en estado fresco y seguimiento de la resistencia a lo largo del tiempo para verificar el desempeño estructural en condiciones reales.

De este modo, las acciones aquí planteadas refuerzan la viabilidad técnica y experimental del uso de grafeno como aditivo innovador, consolidando su efectividad para mejorar la resistencia del concreto F’C 210 kg/cm², en coherencia con el objetivo general de esta investigación.

REFERENCIAS

- ACI Committee 318. (2019). *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19) and commentary*. American Concrete Institute. https://www.usb.ac.ir/FileStaff/5526_2020-1-25-11-12-7.pdf
- Álvarez, P. (2018). Ética e investigación. *Boletín Redipe*, 7(2), 122–149. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6312423>
- American Concrete Institute. (2019). *ACI 116R-00: Cement and concrete terminology (Reapproved 2019)*. ACI Committee 116. <https://pdfcoffee.com/aci-116r-00-reported-by-aci-committee-116-pdf-free.html>
- Amin, S. W., & Kumar, A. (2024). *A study on graphene with cement concrete*. *International Journal of Innovative Research in Engineering and Management (IJIREM)*, 11(2), 12–16. <https://www.ijirem.org/DOC/3-a-study-on-graphene-with-cement-concrete.pdf>
- Apaza, R., & Rodríguez, A. (2019). *Análisis de la influencia del grafeno como aditivo en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto, Lima-2019* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/51746>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6.^a ed.). Editorial Episteme. <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- ASTM International. (2020). *ASTM C39/C39M-20: Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*. https://doi.org/10.1520/C0039_C0039M-20

- Benavente, C., Romero, A., Napa, J., Sanabria, A., Landivar, Y., La Borda, L., Pezo, P., Muñiz, A., & Muñiz, M. (2025). The Influence of Graphene Oxide on the Performance of Concrete: A Quantitative Analysis of Mechanical and Microstructural Properties. *Buildings*, 15(7), 1082. <https://doi.org/10.3390/buildings15071082>
- Chen, H., Xue, Q., Ma, Z., Gao, L., & Feng, S.. (2023). *Experimental study on barrier performance and durability under dry-wet cycles of fly ash based geopolymer cutoff wall backfill*. *Construction and Building Materials*, 368, 130415. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130415>
- Cotrina, J. (2021). *Influencia del grafeno obtenido por exfoliación en fase líquida como adición en la resistencia del concreto, Lima 2021* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12331>
- Gonzáles, C. (2024). Optimización del diseño de concreto empleado para pavimentos rígidos utilizando aditivo de grafeno [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7001>
- Guevara, K. (2023). *Comportamiento físico y mecánico de concreto f'c = 500 kg/cm² con nanoplaquetas de grafeno y ondas ultrasónicas* [Tesis para optar el grado académico de Bachiller en Ingeniería Civil Ambiental, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/7250>
- Gutiérrez, K., Morales, Ó., Chávez, R., & Luna, G. (2022). Investigación científica del grafeno en la industria de la construcción (estado del arte). *Ingeniería Industrial*, 11–24. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n.5798>

Habert, G., Miller, S., John, V., Provis, J., Favier, A., Horvath, A., & Scrivener, K. (2020).

Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(11), 559–573.

<https://doi.org/10.1038/s43017-020-0093-3>

Hernández S., & Duana, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín*

Científico de Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA, 9(17), 51–53.

<https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019>

Hernández R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.).

McGraw-Hill Interamericana. [https://www.esup.edu.pe/wp-](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez%2C%20Fernandez%20y%20Baptista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf)

[content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez%2C%20Fernandez%20y%20Baptista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf](https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez%2C%20Fernandez%20y%20Baptista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf)

INACAL. (2022). *NTP 339.114:2022. Concreto. Concreto premezclado. Requisitos* (5^a ed.).

<https://pdfcoffee.com/ntp-339114-ct-2022-6-pdf-free.html>

INACAL. (2008). *NTP 339.034:2008. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo*

normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. [https://pdfcoffee.com/ntp-339034-2008-metodo-determinacion-](https://pdfcoffee.com/ntp-339034-2008-metodo-determinacion-resistencia-a-la-compresion-del-concreto-pdf-free.html)

[resistencia-a-la-compresion-del-concreto-pdf-free.html](https://pdfcoffee.com/ntp-339034-2008-metodo-determinacion-resistencia-a-la-compresion-del-concreto-pdf-free.html)

Jahami, A., Mouzannar, H., Mahfouz, S., Khatib, J., & Sonebi, M. (2023). *Effect of graphene as*

additive on the mechanical properties of concrete. *NanoWorld Journal*, 9(S2), S87–S92.

<https://doi.org/10.17756/nwj.2023-s2-015>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Norma técnica E.060: Concreto*

armado. Reglamento Nacional de Edificaciones.

<https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>

- Mostafaei, H., Badarloo, B., Chamasemani, N., Rostampour, M., & Lehner, P. (2023). Investigating the effects of concrete mix design on the environmental impacts of reinforced concrete structures. *Buildings*, 13(5), 1313. <https://doi.org/10.3390/buildings13051313>
- Makul, N. (2020). Advanced smart concrete - A review of current progress, benefits and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122899. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122899>
- Miler, S. (2011). Tipos de investigación científica. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 12, 1–6. http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?pid=S2304-37682011000900011&script=sci_arttext
- Molina, L., & Garzón, M. (2017). Propiedades de concretos y morteros modificados con nanomateriales: estado del arte. *Arquetipo*, 0(14), 81–98. <https://doi.org/10.31908/22159444.3522>
- Muñoz, S., Gonzáles, Y., & Pardo, T. (2022). The use of Nanomaterials in the construction sector: A literary review. *DYNA*, 89(221), 101–109. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n221.100210>
- Muñoz, S., Tuse, Y., Guerrero, K., & Vázquez, Y. (2021). Uso de Nanomateriales en la Producción del Concreto: Revisión Literaria. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, 6(4), 74–87. <https://doi.org/10.25286/repa.v6i4.1676>
- Ocrospoma, G., & Risco, F. (2022). *Propiedades físicas-mecánicas del concreto de mediana y alta resistencia, adicionando grafeno y micro sílice, Comas, Lima - 2022* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/114399>

- Peñares, R., & Pahuacho, J. (2020). *Incorporación del grafeno para lograr resistencias mayores a partir del concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/54258>
- Peña, S. (2017). *Análisis de datos* (Vol. 1). Fundación Universitaria del Área Andina.
<https://core.ac.uk/download/pdf/326425169.pdf>
- Peyvandi, A., Soroushian, P., Farhadi, N., & Balachandra, A. (2018). Evaluation of the Reinforcement Efficiency of Low-Cost Graphite Nanomaterials in High-Performance Concrete. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(10), 3875–3882.
<https://doi.org/10.1007/s12205-018-0168-6>
- Toro, A. (2020). *Manual de ensayos de laboratorio para la liberación de concreto premezclado en la planta de Grupo San Pio S.A.S* [Informe de práctica profesional, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional UdeA.
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/aa4e4b7f-f875-47d8-8aa8-b58dfcd6951d>
- Urcuyo, R., González, D., & Cordero, K. (2021). Perspectivas y aplicaciones reales del grafeno después de 16 años de su descubrimiento. *Revista Colombiana de Química*, 50(1), 5–18.
<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v50n1.90134>
- Vásquez, J., & Flores, J. (2022). *Nanopartículas de grafeno para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto* [Tesis para optar al grado de ingeniero civil, Universidad Ricardo Palma] <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5509>

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'C 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

Zapata, J. (2021). *La investigación cuantitativa*. Editorial Navarra.

https://www.researchgate.net/publication/370213771_la_investigacion_cuantitativa_lista_e_diciones_navarra

ANEXOS

Anexo 1.

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE
V1: Grafeno	Es la adición de nanopartículas de grafeno en porcentajes del 0.05%, 0.10% y 0.15% respecto al peso del cemento para modificar las propiedades físico-mecánicas del concreto (Muñoz et al., 2021).	Proporción de grafeno adicionado en la mezcla de concreto. Se mide como porcentaje del peso total del cemento en la mezcla.	Porcentaje de grafeno: 0.05%, 0.10%, 0.15%	Bajo: 0.05% Medio: 0.10% Alto: 0.15%	Cuantitativa continua
V2: Resistencia del concreto	Es la capacidad del concreto para resistir fuerzas de compresión, medida mediante el ensayo de probetas cilíndricas a los 7, 14 y 28 días, conforme a la norma ASTM C39/NTP 339.034 (NRMCA, 2019).	Carga de ruptura obtenida en el ensayo de compresión dividido entre el área de la sección transversal de la probeta cilíndrica (kg/cm ²).	Promedio de resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días	Bajo: < 210 kg/cm ² Medio: 210–250 kg/cm ² Alto: > 250 kg/cm ²	Cuantitativa continua

Anexo 2.

Matriz de Consistencia Interna

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Método
¿Cómo influye la adición de grafeno en porcentajes de 0,05%, 0,1% y 0,15% en el mejoramiento de la resistencia del concreto de F’C 210 kg/cm ² en Cajamarca, 2025?	<p>Objetivo General Analizar el mejoramiento de la resistencia del concreto de F’C 210 kg/cm² mediante la adición de grafeno en proporciones de 0.05%, 0.1% y 0.15% en Cajamarca, 2025.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar la caracterización de los materiales a emplear en el diseño de mezcla ACI, según las normas establecidas. ✓ Realizar el diseño de mezcla ACI, para elaborar las probetas patrón y las probetas con adición de grafeno a porcentajes de 0.05%, 0.1% y 0.15%. ✓ Cuantificar el incremento de la resistencia del concreto de F’C 210 kg/cm² con la adición de grafeno en porcentajes de 0.05%, 0.1% y 0.15%, evaluando su comportamiento a los 7, 14 y 28 días. ✓ Comparar la resistencia del concreto al adicionar grafeno en porcentajes de 0.05%, 0.1% y 0.15%, para determinar el impacto de cada porcentaje en la muestra patrón. ✓ Identificar el porcentaje óptimo de grafeno que genere el mayor mejoramiento de la resistencia a la compresión del concreto F’C 210 kg/cm² sin comprometer su trabajabilidad. 	La adición de grafeno en proporciones de 0.05%, 0.1% y 0.15% contribuye a mejorar de forma significativa la resistencia a la compresión del con el diseño de f’c 210 kg/cm ² en Cajamarca, 2025.	<p>Variable Independiente: Grafeno (definido como nanomaterial agregado en proporciones del 0.05%, 0.10%, 0.15% del peso del cemento).</p> <p>Variable Dependiente: Resistencia del concreto (kg/cm²), medida con prensa hidráulica según ASTM C39.</p>	<p>Diseño: Experimental</p> <p>Población: Ensayar probetas cilíndricas de concreto mediante la resistencia de comprensión utilizando grafeno, según lo especificado en la NTP 339.034.</p> <p>Muestra: 72 probetas (18 patrón, 18 por cada dosificación)</p> <p>Mediciones: kg, cm², volumen, porcentajes, kg/cm²</p> <p>Procedimiento Preparación de mezclas, moldeo de probetas, curado, y ensayo a los 7, 14 y 28 días.</p> <p>Análisis de Datos - Análisis granulométrico del agregado. - Guías de los ensayos en laboratorio a la resistencia del concreto. - Hojas de cálculo de Excel.</p>

Anexo 3.

Panel fotográfico de ensayos de resistencia a la compresión.



Anexo 4.

Panel fotográfico de probetas para ensayos de resistencia a la compresión



Anexo 5.

Panel fotográfico de probetas en etapa de curado.



Anexo 6.

Panel fotográfico de probetas en etapa de fraguado.



Anexo 7.

Panel fotográfico de adición de grafeno a la mezcla de concreto en el trompo.



Anexo 8.

Panel fotográfico de realización de concreto en el trompo.



Anexo 9.

Panel fotográfico de ensayo de SLUMP.



Anexo 10.

Panel fotográfico de pesado de grafeno para su adición en 0.15%.



Anexo 11.

Panel fotográfico de pesado de grafeno para su adición en 0.10%.



Anexo 12.

Panel fotográfico de pesado de grafeno para su adición en 0.05%.



Anexo 13.

Panel fotográfico de ensayo de granulometría.




Anexo 14.

Panel fotográfico de ensayo de contenido de humedad.



Anexo 15.

Diseño de mezcla ACI

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
	PROTOCOLO		
	MÉTODO:	ACI	
	RESISTENCIA:	210 kg/cm ²	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		

CANTERA:	Cantera Bazán	TIPO DE CANTERA:	Agregado de Rio
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Angular
FECHA DE MUESTRA:	20/03/2025	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Torán

DATOS:

Descripcion	A. Fino	A. Grueso
P. Unitario Suelto Seco	1460,22 Kg/m ³	1331,18 Kg/m ³
P. Unitario Compactado Seco	1658,78 Kg/m ³	1473,84 Kg/m ³
P. Especifico Masa Seca	2,79 gr/cm ³	2,69 gr/cm ³
Contenido de Humedad	2,53 %	6,26 %
% de Absorción	2,89 %	2,05 %
Modulo de fineza	2,94	
Tamaño Máximo nominal		1/2 "
CEMENTO	Tipo I	Peso especifico: 3,10 gr/cm ³

I. Determinación de la resistencia promedio

R _m = Resistencia prom.	
F’c	F’cr
< 210	F’c + 70
210 a 350	F’c + 84
> 350	F’c + 98

Entonces tenemos:

$$F'_{cr} = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

II. Tamaño Máximo Nominal del agregado:

$$TMN = 1/2 \text{ "}$$

III. Selección del SLUMP:

Plastica

CONSISTENCIA EN CONO	
CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca	1" - 2"
Plastica	3" - 4"
Fluida	4" - 6"



“Mejoramiento de la resistencia del concreto F’C 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
	PROTOCOLO		
	MÉTODO:	ACI	
	RESISTENCIA:	210 kg/cm ²	
TESIS:	“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025”		
CANTERA:	Cantera Bazán	TIPO DE CANTERA:	Agregado de Río
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Angular
FECHA DE MUESTRA:	20/03/2025	RESPONSABLE:	Bach. Rodnel Valdivia Ayay
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán

IV. Selección del volumen unitario del agua de diseño

Datos:

Aire incorporado: Concreto sin aire incorporado

T.M.N. = 1/2

S = 3" - 4"

Agua = 216 lt/m³

Asentamiento	Agua, en l/m ³ , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
Concreto sin aire incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
4" - 6"	243	228	216	202	190	178	160	
Concreto con aire incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	195	184	175	165	157	133	119
4" - 6"	216	205	197	184	174	166	154	

Fuente: ACI (2014)

V. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DEL AIRE ATRAPADO

Datos:

T.M.N. = 1/2

S = 3" - 4"

Tenemos:

Aire atrapado = 2,5 %

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8	3.0 %
1/2	2.5 %
3/4	2.0 %
1	1.5 %
1 1/2	1.0 %
2	0.5 %
3	0.3 %
6	0.2 %

Fuente: ACI (2014)

VI. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA - CEMENTO (a/c)

Datos:

F’c = 294 kg/cm²

Concreto sin aire incorporado

Relacion agua cemento: Extrapolando


a/c (294 kg/cm²) = 0,56

F’c (28 días) kg/cm ²	RELACION AGUA CEMENTO POR RESISTENCIA	
	Relación agua cemento de diseño por peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
250	0.80	0.71
200	0.70	0.63
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
420	0.41	
450	0.38	

Fuente: ACI (2014)

NOTA: No se considera cálculo de relac. a/c por durabilidad ya que el concreto no estará expuesto a acción de sulfatos o procesos de congelamiento y deshielo.

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'c 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
	MÉTODO:	ACI
	RESISTENCIA:	210 kg/cm ²
	TESIS:	“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025”

CANTERA:	Cantera Hazán	TIPO DE CANTERA:	Agregado de Rfo
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Angular
FECHA DE MUESTRA:	20/03/2025	RESPONSABLE:	Bach. Rodmcl Valdivia Ayay
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán

VII. DETERMINACIÓN DEL FACTOR CEMENTO

$$F.C. (Kg/m^3) = \frac{\text{Volumen Unitario de Agua (lt/m}^3\text{)}}{\text{Relación agua/cemento}}$$

Factor cemento:

$$F.C. = 388,49 \quad - \quad 9,14 \text{ bolsas/m}^3$$

VIII. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Datos: T.M.N. = 1/2
M.F.(A.F.) = 2,94

Tabla de cálculo de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por cada unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de Finura			
	2.4	2.6	2.8	3
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: ACI (2014)

Interpolando de la tabla:

$$b/b_0 = 0,536$$

$$\text{Peso A.G.} = 0,536 * 1473,84 \quad \text{Kg./m}^3$$

$$\text{Peso A.G.} = 789,98 \text{ Kg./m}^3$$

IX. DETERMINACIÓN DEL VOLÚMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO

Mediante sumatoria de volúmenes absolutos tenemos:


Cemento=	388,49 /3100	0,125 m ³
Agua=	216 /1000	0,216 m ³
Aire=	2,5 /100	0,025 m ³
A.G.=	789,97824 /2690	0,294 m ³
	SUMA=	0,660 m ³

Volumen absoluto de agregado fino:

$$\text{Vol A.F.} = 1 - 0,660$$

$$\text{Vol A.F.} = 0,340 \text{ m}^3$$

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'C 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
	PROTOCOLO		
	MÉTODO:	ACI	
	RESISTENCIA:	210 kg/cm ²	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		

CANTERA:	Cantera Bazán	TIPO DE CANTERA:	Agregado de Río
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Angular
FECHA DE MUESTRA:	20/03/2025	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán

Peso agregado fino en el estado seco:

$$A.F. = 0,340 * 2789$$

$$A.F. = 948,284 \text{ Kg.}$$

X. VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA EN PESO, SIN CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Cemento	=	388,5 Kg./m ³
Agua	=	216,0 lts/m ³
Agregado Fino	=	948,3 Kg./m ³
Agregado Grueso	=	796,0 Kg./m ³

Dosificación =	388,49	948,28	789,98
	388,49	388,49	388,49

Dosificación =

1:	2,44	:	2,03	/	23,63	L/bol
----	------	---	------	---	-------	-------

XI. MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD Y APORTE DE AGUA

Cemento	=	388,5 kg/m ³
Agua	=	186,2 lts/m ³
Agregado Fino	=	972,3 kg/m ³
Agregado Grueso	=	839,5 kg/m ³

Dosificación =	388,49	972,29	839,46
	388,49	388,49	388,49

Dosificación =

1:	2,50	:	2,16	/	20,36	L/bol
----	------	---	------	---	-------	-------

XII. VOLUMEN POR TANDA

Dimensiones del bloque:


$$h = 0,30 \text{ m}$$

$$R = 0,09 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = 0,005 \text{ m}^3$$



“Mejoramiento de la resistencia del concreto F’C 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
	PROTOCOLO		
	MÉTODO:	ACI	
	RESISTENCIA:	210 kg/cm ²	
	TESIS:	“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025”	

CANTERA:	Cantera Bazán	TIPO DE CANTERA:	Agregado de Río
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Angular
FECHA DE MUESTRA:	20/03/2025	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
FECHA DE ENSAYO:		REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán

XIII. PESO POR BLOQUE

0,0054 m³ (1 Probeta)

Cemento	=	388,49	*	0,0054	=	2,098	Kg.
Agua	=	186,15	*	0,0054	=	1,005	Lt
Agregado Fino	=	972,29	*	0,0054	=	5,250	Kg.
Agregado Grueso	=	839,46	*	0,0054	=	4,533	Kg.
							12,887

Aplicando el 5% de desperdicio

Cemento	=	388,49	*	0,0054	=	2,203	Kg.
Agua	=	186,15	*	0,0054	=	1,055	Lt
Agregado Fino	=	972,29	*	0,0054	=	5,513	Kg.
Agregado Grueso	=	839,46	*	0,0054	=	4,760	Kg.
							13,531

TANDA DE 18 PROBETAS PATRÓN

Cemento	=	2,203	*	18	=	39,65	Kg.
Agua	=	1,055	*	18	=	19,00	Lt
Agregado Fino	=	5,513	*	18	=	99,23	Kg.
Agregado Grueso	=	4,760	*	18	=	85,68	Kg.
							243,56

TANDA DE 18 PROBETAS CON ADICIÓN DE GRAFENO 0.05% EN RELACIÓN CON EL PESO DEL CEMENTO

Cemento	=	2,203	*	18	=	39,65	Kg.
Grafeno	=	0,011	*	18	=	0,20	Kg.
Agua	=	1,055	*	18	=	19,00	Lt
Agregado Fino	=	5,513	*	18	=	99,23	Kg.
Agregado Grueso	=	4,760	*	18	=	85,68	Kg.
							243,75

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'C 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

TANDA DE 18 PROBETAS CON ADICIÓN DE GRAFENO 0.10% EN RELACIÓN CON EL PESO DEL CEMENTO

Cemento	=	2,203	*	18	=	39,65	Kg.
Grafeno	=	0,022	*	18	=	0,40	Kg.
Agua	=	1,055	*	18	=	19,00	Lt
Agregado Fino	=	5,513	*	18	=	99,23	Kg.
Agregado Grueso	=	4,760	*	18	=	85,68	Kg.
							243,95

TANDA DE 18 PROBETAS CON ADICIÓN DE GRAFENO 0.15% EN RELACIÓN CON EL PESO DEL CEMENTO

Cemento	=	2,203	*	18	=	39,65	Kg.
Grafeno	=	0,033	*	18	=	0,59	Kg.
Agua	=	1,055	*	18	=	19,00	Lt
Agregado Fino	=	5,513	*	18	=	99,23	Kg.
Agregado Grueso	=	4,760	*	18	=	85,68	Kg.
							244,15

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
Bach. Rodmel Jonatan Valdivia Ayay	Ing. Luis Herrera Terán	Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 27/03/2025	FECHA: 27/03/2025	FECHA: 27/03/2025

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'c 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

Anexo 16.




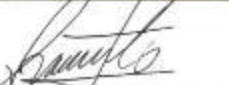
Protocolo de peso específico y absorción del agregados gruesos

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						
PROTOCOLO						
ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS				CÓDIGO DEL DOCUMENTO: PEAG-LC-UPNC:.....	
NORMA:	MTC E 206 / ASTM C127 / NTP 400.021					
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"					
CANTERA:	Cantera Bazán	TIPO DE CANTERA:	Extracción de río			
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Piedra Chancada 1/2"			
FECHA DE MUESTREO:	20/03/2025	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay			
FECHA DE ENSAYO:	21/03/2025	REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán			
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso al aire de la muestra seca	gr	2938.7	2939.4	2940.9	N.A
B	Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca	gr	3000.0	3000.0	3000.0	N.A
C	Peso Sumergido en agua de la muestra saturada (Utilizando canasta)	gr	1847.2	1845.4	1848.5	N.A
D	Peso específico aparente seco $P. e. a(seco) = \frac{A}{B - C}$	gr/cm ³	2.549	2.546	2.554	2.550
E	Peso específico aparente SSS $P. e. a(SSS) = \frac{B}{B - C}$	gr/cm ³	2.602	2.598	2.605	2.602
F	Peso específico nominal $P. e. n(seco) = \frac{A}{A - C}$	gr/cm ³	2.692	2.687	2.692	2.690
G	Absorción $Abs(\%) = \frac{B - A}{A} \cdot 100\%$	(%)	2.09	2.06	2.01	2.052
N.A: NO APLICA						
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
Bach. Rodmel Jonatan Valdivia Ayay		Ing. Luis Herrera Terán		Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez		
FECHA: 27/03/2025		FECHA: 27/03/2025		FECHA: 27/03/2025		

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'c 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

Anexo 17.

Protocolo de gravedad específica y absorción del agregado finos

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						
PROTOCOLO						
	ENSAYO:	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	MTC E 205 / ASTM C128 / NTP 400.022			GEAF-LC-UPNC:.....	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"				
CANTERA:	Cantera Bazán	TIPO DE CANTERA:	Extracción de río			
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Arena de Río			
FECHA DE MUESTREO:	20/03/2025	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay			
FECHA DE ENSAYO:	21/03/2025	REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán			
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso al aire de la muestra desecada	gr	480.9	487.7	489.3	N.A
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua	gr	1430.0	1430.0	1430.0	N.A
C	Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	gr	1738.6	1741.8	1744.8	N.A
S	Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca	gr	500.0	500.0	500.0	N.A
E	Peso específico aparente (seco) $P. e. a(seco) = \frac{A}{B + S - C}$	gr/cm ³	2.513	2.591	2.642	2.582
F	Peso específico aparente (SSS) $P. e. a(SSS) = \frac{S}{B + S - C}$	gr/cm ³	2.612	2.657	2.700	2.656
G	Peso específico nominal (Seco) $P. e. n(seco) = \frac{A}{B + A - C}$	gr/cm ³	2.791	2.773	2.804	2.789
H	Absorción $Abs(\%) = \frac{S - A}{A} \cdot 100\%$	(%)	3.97	2.53	2.19	2.893
N.A: NO APLICA						
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		DOCENTE		
						
Bach. Rodmel Jonatan Valdivia Ayay		Ing. Luis Herrera Terán		Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez		
FECHA: 27/03/2025		FECHA: 27/03/2025		FECHA: 27/03/2025		

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'c 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”


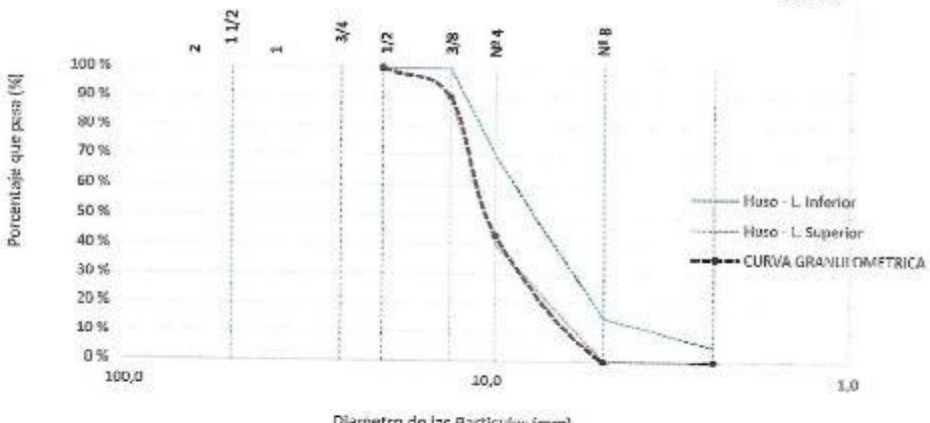


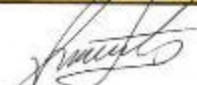
Anexo 18.

Protocolo de peso unitario de los agregados

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						
PROTOCOLO						
ENSAYO:	PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
NORMA:	MTC E 203 / ASTM C29 / NTP 400.017			PUA-LC-UPNC:.....		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"					
CANTERA:	Cantera Bezán	TIPO DE CANTERA:	Extracción de río			
UBICACIÓN:	Cajamarca	TIPO DE MATERIAL:	Arena de Río / Piedra Chancada			
FECHA DE MUESTREO:	20/03/2025	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Avay			
FECHA DE ENSAYO:	21/03/2025	REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán			
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO						
AGREGADO FINO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	4.75 mm	VOLUMEN MOLDE	0.0093 m ³	
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso del Molde + AF Compactado	kg	20.180	20.300	20.140	
B	Peso del Molde	kg	4.780	4.780	4.780	
C	Peso del AF Compactado $C = A - B$	kg	15.400	15.520	15.360	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO $D = C / Vol. Molde$	kg/m ³	1655.91	1668.82	1651.61	1658.78
E	Peso del Molde + AF Suelto	kg	18.400	18.300	18.380	
F	Peso del AF Suelto $F = E - B$	kg	13.620	13.520	13.600	
G	PESO UNITARIO SUELTO $G = F / Vol. Molde$	kg/m ³	1464.52	1453.76	1462.37	1460.22
PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO						
AGREGADO GRUESO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	4.75 mm	VOLUMEN MOLDE	0.0093 m ³	
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso del Molde + AG Compactado	kg	18.360	18.480	18.620	
B	Peso del Molde	kg	4.780	4.780	4.780	
C	Peso del AG Compactado $C = A - B$	kg	13.580	13.700	13.840	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO $D = C / Vol. Molde$	kg/m ³	1460.22	1473.12	1488.17	1473.84
E	Peso del Molde + AG Suelto	kg	17.400	17.020	17.060	
F	Peso del AG Suelto $F = E - B$	kg	12.620	12.240	12.280	
G	PESO UNITARIO SUELTO $G = F / Vol. Molde$	kg/m ³	1356.99	1316.13	1320.43	1331.18
OBSERVACIONES:						
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
Bach. Rodmel Jonatan Valdivia Avay		Ing. Luis Herrera Terán		Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez		
FECHA: 27/03/2025		FECHA: 27/03/2025		FECHA: 27/03/2025		





Anexo 19.

Protocolo de curva granulométrica del agregado grueso.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	MTC E204 - ASTM C136 - NIP 400.012	AGGF-LC-UPNC:
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"	
CANTERA:	Cantera Bazán	TM:	3/4
UBICACION:	Cajamarca	TMN:	1/2
FECHA DE MUESTREO:	20/03/2025	M.F.:	
FECHA DE ENSAYO:	21/03/2025	HUSO A UTILIZAR:	HUSO 7
RESPONSABLE:	Bach. Rodmel	REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán
<p>AGREGADO GRUESO</p> <p>Curva Granulométrica Piedra Chancada</p> <p>HUSO 7</p> 			
OBSERVACIONES:			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	ASISTENTE
			
Bach. Rodmel Jonatan Valdivia Ayay		Ing. Luis Herrera Terán	Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 27/03/2025		FECHA: 27/03/2025	FECHA: 27/03/2025


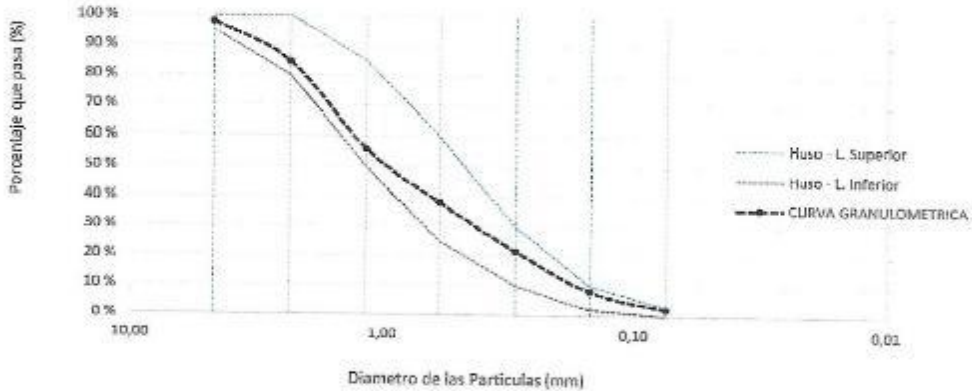


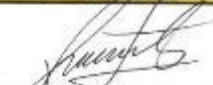
Anexo 20.

Protocolo de análisis granulométrico del agregado grueso.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE									
PROTOCOLO									
	ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:			
	NORMA: MTC E204 - ASTM C136 - NTP 400.012								
	TESIS: "MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"								
CANTERA:		Cantera Bazán			TM:		3/4		
UBICACION:		Cajamarca			TMN:		1/2		
FECHA DE MUESTREO:		20/03/2025			M.F.:				
FECHA DE ENSAYO:		21/03/2025			HUSO A UTILIZAR:		HUSO 7		
RESPONSABLE:		Bach. Rodmel			REVISADO POR:		Ing. Luis Herrera Terán		
AGREGADO GRUESO									
MATERIAL: Dependiente TM				5000.0					
N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométricos (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)		
	(pulg)	(mm)					Límite Inferior	Límite Superior	
1	2	50.8	0.0	0.00	0.00	100.00	-	-	
2	1 1/2	38.1	0.0	0.00	0.00	100.00	-	-	
3	1	25.4	0.0	0.00	0.00	100.00	-	-	
4	3/4	19.5	0.0	0.00	0.00	100.00	-	100	
5	1/2	12.7	495.9	9.92	9.92	90.08	90	100	
6	3/8	9.5	2352.2	47.04	56.96	43.04	40	70	
7	N° 4	4.8	2151.9	43.04	100.00	0.00	0	15	
8	N° 8	2.4	0.0	0.00	100.00	0.00	0	5	
9	Bandeja	-	0.0	0.00	100.00	0.00	-	-	
<p>Nota: El tamaño máximo (TM), se calcula como el menor tamiz en el que pasa el 100% y el tamaño máximo nominal (TMN), se calcula como el tamiz superior al que retiene mayor o igual del 10% retenido. Norma ASTM C33</p>									
OBSERVACIONES:									
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR DE LABORATORIO			ASESOR			
									
Bach. Rodmel Jonathan Valdivia Ayay			Ing. Luis Herrera Terán			Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez			
FECHA: 27/03/2025			FECHA: 27/03/2025			FECHA: 27/03/2025			


Anexo 21.

Protocolo de curva granulométrica del agregado fino.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:
	NORMA:	MTC E204 - ASTM C136 - NTP 400.012	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"	
CANTERA:	Cantera Bazán	TM:	mm
UBICACION:	Cajamarca	TMN:	mm
FECHA DE MUESTREO:	20/03/2025	M.F:	0.00
FECHA DE ENSAYO:	21/03/2025	HUSO A UTILIZAR:	
RESPONSABLE:	Bach. Rodmel	REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán
<p>AGREGADO FINO</p> <p>Curva Granulométrica Arena de Río</p> 			
OBSERVACIONES:			
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE	
			
Bach. Rodmel Jonatan Valdivia Ayay	Ing. Luis Herrera Terán	Dr. Ing. A.G. Vásquez Ramírez	
FECHA: 27/03/2025	FECHA: 27/03/2025	FECHA: 27/03/2025	

Anexo 22.


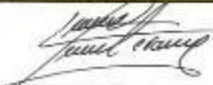
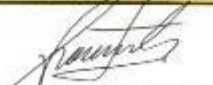
Protocolo de análisis granulométrico del agregado fino.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE								
PROTOCOLO								
	ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS					CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGGF-LC-UPNC:		
	NORMA: MTC E204 - ASTM C136 - NTP 400,012							
	TESIS: "MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"							
CANTERA:	Cantera Bazán		TM:	4.75 mm				
UBICACIÓN:	Cajamarca		TMN:	2.36 mm				
FECHA DE MUESTREO:	20/03/2025		M.F:	2.94				
FECHA DE ENSAYO:	21/03/2025		HUSO A UTILIZAR:					
RESPONSABLE:	Bach. Rodmel		REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán				
AGREGADO FINO								
Mínimo: 500 gr			3000,0					
N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométricos (Según norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Inferior	Límite Superior
1	N° 4	4,75	61,70	2,06	2,06	97,94	95	100
2	N° 8	2,36	402,30	13,41	15,47	84,53	80	100
3	N° 16	1,18	860,00	28,67	44,13	55,87	50	85
4	N° 30	0,60	530,80	17,69	61,83	38,17	25	60
5	N° 50	0,30	497,90	16,60	78,42	21,58	10	30
6	N° 100	0,15	403,40	13,45	91,87	8,13	2	10
7	N° 200	0,075	179,50	5,98	97,85	2,15	0	3
8	Bandeja		64,40	2,15	100,00	0,00	-	-
9								

Nota: Para calcular la granulometría, utilizar todas las mallas, para el caso del módulo de finura no utilizar la malla N° 10 y N° 200. Con la siguiente fórmula podemos determinar.

$$M.F = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulado en las mallas N°4, 8, 16, 30, 50 y 100})}{100}$$





OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
Bach. Rodmel Jonatan Valdivia Ayay	Ing. Luis Herrera Terán	Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 27/03/2025	FECHA: 27/03/2025	FECHA: 27/03/2025

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F’C 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

Anexo 23.





Protocolo de contenido de humedad del agregado fino.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
PROTOCOLO					
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127	CH-LS-UPNC:.....		
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"			
CANTERA:	Cantera Bazán	TIPO DE MATERIAL:	Arena de Río		
UBICACIÓN:	Cajamarca	COLOR DE MATERIAL:	Gris		
FECHA DE MUESTREO:	20/03/2025	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay		
FECHA DE ENSAYO:	21/03/2025	REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán		
<p>Temperatura de secado 60 °C / 110 °C / Ambiente</p>		<p>Método: Horno 110 ± 5 °C</p>			
CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		AG	BG	CG
B	Peso del Recipiente	gr	166.0	165.4	165.5
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	3282.7	3305.9	3185.4
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	3119.6	3103.0	3004.8
E	Peso de Agua $(W_w) = C - D$	gr	163.2	202.9	180.6
F	Peso Suelo Seco $(W_s) = D - B$	gr	2953.6	2937.6	2839.3
W%	Porcentaje humedad $W = (E/F) * 100$	%	5.52	6.91	6.36
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	6.26		
OBSERVACIONES:					
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
					
Bach. Rodmel Jonatan Valdivia Ayay		Ing. Luis Herrera Terán		Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez	
FECHA: 27/03/2025		FECHA: 27/03/2025		FECHA: 27/03/2025	

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'c 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”


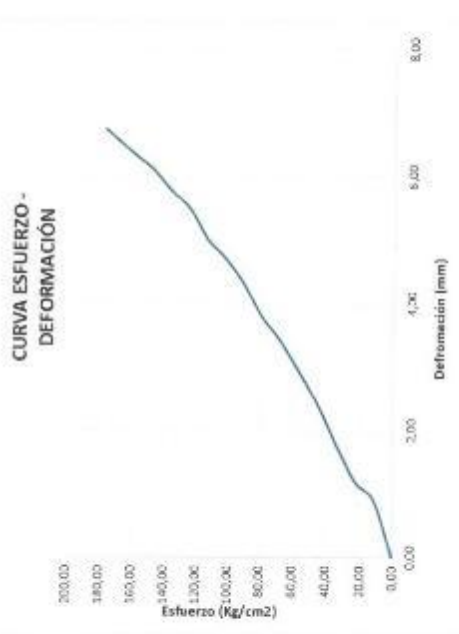
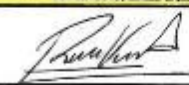


Anexo 24.

Protocolo de contenido de humedad del agregado grueso.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE					
PROTOCOLO					
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127	CH-LS-UPNC:.....		
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"			
CANTERA:	Cantera Bazán	TIPO DE MATERIAL:	Piedra Chancada de Rio		
UBICACION:	Cajamarca	COLOR DE MATERIAL:	Gris		
FECHA DE MUESTREO:	20/03/2025	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay		
FECHA DE ENSAYO:	21/03/2025	REVISADO POR:	Ing. Luis Herrera Terán		
<p><u>Temperatura de secado</u> 60 °C / 110 °C / Ambiente</p> <p><u>Método:</u> Horno 110 ± 5 °C</p>					
CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		AF	BF	CF
B	Peso del Recipiente	gr	164.4	165.2	165.0
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	3168.5	3199.6	3102.9
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	3097.3	3119.2	3032.8
E	Peso de Agua $(W_w) = C - D$	gr	71.2	80.4	70.1
F	Peso Suelo Seco $(W_s) = D - B$	gr	2932.9	2954.0	2867.8
W%	Porcentaje humedad $W = (E/F) * 100$	%	2.43	2.72	2.44
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	2.53		
$(W) = \frac{W_w}{W_s} * 100$					
OBSERVACIONES:					
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
					
Bach. Rodmel Jonatan Valdivia Ayay		Ing. Luis Herrera Terán		Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez	
FECHA: 27/03/2025		FECHA: 27/03/2025		FECHA: 27/03/2025	

Anexo 25.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 1 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-LPNC.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	PATRON 1	DIAMETRO:	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176.70 cm ²																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Valdivia Ayay, Rodmel																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>0,90</td><td>11,32</td><td>0,003</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>1,18</td><td>22,64</td><td>0,004</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>1,78</td><td>33,96</td><td>0,005</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>2,12</td><td>45,27</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>2,93</td><td>56,59</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>3,42</td><td>67,91</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>3,78</td><td>79,23</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4,30</td><td>90,55</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>4,69</td><td>101,87</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,00</td><td>113,19</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5,48</td><td>124,50</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>5,76</td><td>135,82</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,09</td><td>147,14</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,32</td><td>158,46</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>16</td><td>31267</td><td>6,73</td><td>176,95</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	0,90	11,32	0,003	3	4000	1,18	22,64	0,004	4	6000	1,78	33,96	0,005	5	8000	2,12	45,27	0,008	6	10000	2,93	56,59	0,010	7	12000	3,42	67,91	0,012	8	14000	3,78	79,23	0,013	9	16000	4,30	90,55	0,015	10	18000	4,69	101,87	0,016	11	20000	5,00	113,19	0,017	12	22000	5,48	124,50	0,019	13	24000	5,76	135,82	0,020	14	26000	6,09	147,14	0,021	15	28000	6,32	158,46	0,022	16	31267	6,73	176,95	0,023	17					18					19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	0,90	11,32	0,003																																																																																																																																																															
3	4000	1,18	22,64	0,004																																																																																																																																																															
4	6000	1,78	33,96	0,005																																																																																																																																																															
5	8000	2,12	45,27	0,008																																																																																																																																																															
6	10000	2,93	56,59	0,010																																																																																																																																																															
7	12000	3,42	67,91	0,012																																																																																																																																																															
8	14000	3,78	79,23	0,013																																																																																																																																																															
9	16000	4,30	90,55	0,015																																																																																																																																																															
10	18000	4,69	101,87	0,016																																																																																																																																																															
11	20000	5,00	113,19	0,017																																																																																																																																																															
12	22000	5,48	124,50	0,019																																																																																																																																																															
13	24000	5,76	135,82	0,020																																																																																																																																																															
14	26000	6,09	147,14	0,021																																																																																																																																																															
15	28000	6,32	158,46	0,022																																																																																																																																																															
16	31267	6,73	176,95	0,023																																																																																																																																																															
17																																																																																																																																																																			
18																																																																																																																																																																			
19																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																			
21																																																																																																																																																																			
22																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
																																																																																																																																																																			
NOMBRE: Bach. Valdivia Ayay, Rodmel		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 26.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 2 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP 399.034		RCBC-LC-UPNC
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	PATRÓN 2	DIAMETRO:	12,0 cm
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176,70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	50,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Valdivia Ayay, Rodmel
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	0,90	11,52	0,003
3	4000	1,64	22,64	0,003
4	6000	1,67	33,96	0,006
5	8000	2,05	45,27	0,007
6	10000	2,56	56,59	0,009
7	12000	2,96	67,91	0,010
8	14000	3,34	79,23	0,011
9	16000	3,76	90,55	0,013
10	18000	4,07	101,87	0,014
11	20000	4,51	113,19	0,015
12	22000	4,73	124,50	0,016
13	24000	5,11	135,82	0,017
14	26000	5,50	147,14	0,019
15	28000	5,76	158,46	0,020
16	30957	5,88	175,20	0,020
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Valdivia Ayay, Rodmel	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 27.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 3 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....	
	NORMA:	NTP 399.034		
	TRISIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	PATRÓN 3	DIÁMETRO	15.0 cm	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176.7 cm	
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	50.0 cm	
		RESPONSABLE:	Bach. Valdivia Ayay, Rodmel	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán	
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	n (kg/cm²)	su
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	1.14	11.32	0.004
3	4000	1.77	22.64	0.006
4	6000	2.25	33.96	0.008
5	8000	2.78	45.27	0.009
6	10000	3.20	56.59	0.011
7	12000	3.85	67.91	0.013
8	14000	4.27	79.23	0.014
9	16000	4.69	90.55	0.016
10	18000	4.98	101.87	0.017
11	20000	5.46	113.19	0.019
12	22000	5.71	124.50	0.019
13	24000	6.11	135.82	0.021
14	26000	6.42	147.14	0.022
15	28000	6.57	158.46	0.022
16	31000	6.80	175.47	0.025
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDENADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Valdivia Ayay, Rodmel	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 28.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 4 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
		NORMA:	NTP 399.034	RCBC-LC-UPNC:.....
		TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"	
ID DE PROBETA:	PATRON 4	DIAMETRO:	15,0 cm	
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm	
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	AL.TURA DE PROBETA:	30,0 cm	
		RESPONSABLE:	Bach. Valdivia Ayyu, Rodmel	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán	

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,14	11,52	0,004
3	4000	2,66	22,64	0,005
4	6000	3,96	33,96	0,007
5	8000	5,32	45,27	0,008
6	10000	7,86	56,59	0,010
7	12000	9,27	67,91	0,011
8	14000	11,36	79,23	0,013
9	16000	14,06	90,55	0,014
10	18000	17,88	101,87	0,015
11	20000	22,76	113,19	0,016
12	22000	28,67	124,50	0,017
13	24000	35,46	135,82	0,019
14	26000	43,88	147,14	0,019
15	28000	53,77	158,46	0,020
16	31227	59,99	176,72	0,020
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACION

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Valdivia Ayyu, Rodmel FECHA: 12/05/2025	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán FECHA: 12/05/2025	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez FECHA: 12/05/2025

Anexo 29.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 5 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	NTP 399.034	RCBC-LC-UPN...	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05% 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	PATRON 5	DIÁMETRO	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RAZÓN	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Valdivia Ayay, Rodmel
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Teran

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,65	11,52	0,005
3	4000	2,13	22,64	0,007
4	6000	2,67	33,96	0,009
5	8000	3,13	45,27	0,011
6	10000	3,98	56,59	0,012
7	12000	4,07	67,91	0,014
8	14000	4,36	79,23	0,015
9	16000	4,77	90,55	0,016
10	18000	5,04	101,87	0,017
11	20000	5,34	113,19	0,018
12	22000	5,69	124,50	0,019
13	24000	5,92	135,82	0,020
14	26000	6,27	147,14	0,021
15	28000	6,47	158,46	0,022
16	30761	6,63	174,09	0,023
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Valdivia Ayay, Rodmel FECHA: 12/05/2025	NOMBRE: ING. Luis Herrera Teran FECHA: 12/05/2025	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez FECHA: 12/05/2025

Anexo 30.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 6 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP 399.034		RCBC-LC-UPNC,
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	PATRON 6	DIAMETRO:	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Valdivia Ayav, Rodmel
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,13	11,32	0,004
3	4000	1,67	22,64	0,006
4	6000	2,23	33,96	0,007
5	8000	2,77	45,27	0,009
6	10000	3,25	56,59	0,011
7	12000	3,68	67,91	0,012
8	14000	4,17	79,23	0,014
9	16000	4,57	90,55	0,015
10	18000	4,82	101,87	0,016
11	20000	5,28	113,19	0,018
12	22000	5,53	124,50	0,019
13	24000	5,89	135,82	0,020
14	26000	6,11	147,14	0,021
15	28000	6,47	158,46	0,022
16	30000	6,66	176,02	0,023
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

Observaciones:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Valdivia Ayav, Rodmel FECHA: 24/04/2025	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán FECHA: 12/05/2025	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramirez FECHA: 13/05/2025

Anexo 31.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 1 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTICOLO				
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO	
NORMA:	NTP 399.034		RCBC-LC-UPNC.....	
TESTS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"			
ID DE PROBETA:	PATRON 1	DIAMETRO:	15,0 cm	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176,70 cm ²	
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	AL.TURA DE PROBETA:	30,0 cm	
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Teran	

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	2,42	11,32	0,008
3	4000	2,83	22,64	0,009
4	6000	3,16	33,96	0,011
5	8000	3,46	45,27	0,012
6	10000	3,80	56,59	0,013
7	12000	4,14	67,91	0,014
8	14000	4,52	79,23	0,015
9	16000	4,75	90,55	0,016
10	18000	5,10	101,87	0,017
11	20000	5,20	113,19	0,018
12	22000	5,40	124,50	0,018
13	24000	5,65	135,82	0,019
14	26000	5,80	147,14	0,020
15	28000	5,90	158,46	0,020
16	30000	6,00	169,78	0,020
17	32650	6,15	184,78	0,021
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACION

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Teran	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 32.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 2 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP 399.034		RCBC-LC-LPNC.....
TEMA:	MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	PATRON 2	DIAMETRO:	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176.70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	CU
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,82	11,32	0,006
3	4000	2,32	22,64	0,007
4	6000	2,62	33,96	0,009
5	8000	2,99	45,27	0,010
6	10000	3,39	56,59	0,011
7	12000	3,60	67,91	0,012
8	14000	3,83	79,23	0,013
9	16000	4,19	90,55	0,014
10	18000	4,30	101,87	0,015
11	20000	4,71	113,19	0,016
12	22000	4,81	124,50	0,016
13	24000	5,11	135,82	0,017
14	26000	5,20	147,14	0,018
15	28000	5,31	158,46	0,018
16	30000	5,55	169,78	0,019
17	32000	5,75	181,10	0,020
18	32955	5,80	186,56	0,020
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 33.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 3 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	NTP 399.034	RCBC-IC-UPNC:.....	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	PATRON 3	DIAMETRO:	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05-04-2025	RADIO:	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19-04-2025	AREA SECCION:	176.7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	ALTIMA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Dach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	2.04	11.32	0.007
3	4000	2.40	22.64	0.008
4	6000	2.83	33.96	0.010
5	8000	3.17	45.27	0.011
6	10000	3.61	56.59	0.012
7	12000	3.99	67.91	0.013
8	14000	4.31	79.23	0.015
9	16000	4.71	90.55	0.016
10	18000	4.93	101.87	0.017
11	20000	5.12	113.19	0.017
12	22000	5.37	124.50	0.018
13	24000	5.59	135.82	0.019
14	26000	5.89	147.14	0.020
15	28000	6.09	158.46	0.021
16	30000	6.20	169.78	0.021
17	32000	6.48	181.10	0.022
18	33011	6.50	186.82	0.022
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Dach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 34.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 4 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.634																																																																																																																																																																	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	PATRÓN 4	DIÁMETRO:	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176.7 cm																																																																																																																																																																
		ALTIMA DE PROBETA:	30.0 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1,35</td><td>11,32</td><td>0,007</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>2,30</td><td>22,64</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>2,80</td><td>33,96</td><td>0,009</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3,20</td><td>45,27</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3,40</td><td>56,59</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>3,90</td><td>67,91</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4,10</td><td>79,23</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4,52</td><td>90,55</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>4,80</td><td>101,87</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,02</td><td>113,19</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5,25</td><td>124,50</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>5,45</td><td>135,82</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>5,70</td><td>147,14</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>5,90</td><td>158,46</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,06</td><td>169,78</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,10</td><td>181,10</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>18</td><td>33271</td><td>6,15</td><td>188,29</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Nº	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	1,35	11,32	0,007	3	4000	2,30	22,64	0,008	4	6000	2,80	33,96	0,009	5	8000	3,20	45,27	0,011	6	10000	3,40	56,59	0,011	7	12000	3,90	67,91	0,013	8	14000	4,10	79,23	0,014	9	16000	4,52	90,55	0,015	10	18000	4,80	101,87	0,016	11	20000	5,02	113,19	0,017	12	22000	5,25	124,50	0,018	13	24000	5,45	135,82	0,018	14	26000	5,70	147,14	0,019	15	28000	5,90	158,46	0,020	16	30000	6,06	169,78	0,021	17	32000	6,10	181,10	0,021	18	33271	6,15	188,29	0,021	19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31						
Nº	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	1,35	11,32	0,007																																																																																																																																																															
3	4000	2,30	22,64	0,008																																																																																																																																																															
4	6000	2,80	33,96	0,009																																																																																																																																																															
5	8000	3,20	45,27	0,011																																																																																																																																																															
6	10000	3,40	56,59	0,011																																																																																																																																																															
7	12000	3,90	67,91	0,013																																																																																																																																																															
8	14000	4,10	79,23	0,014																																																																																																																																																															
9	16000	4,52	90,55	0,015																																																																																																																																																															
10	18000	4,80	101,87	0,016																																																																																																																																																															
11	20000	5,02	113,19	0,017																																																																																																																																																															
12	22000	5,25	124,50	0,018																																																																																																																																																															
13	24000	5,45	135,82	0,018																																																																																																																																																															
14	26000	5,70	147,14	0,019																																																																																																																																																															
15	28000	5,90	158,46	0,020																																																																																																																																																															
16	30000	6,06	169,78	0,021																																																																																																																																																															
17	32000	6,10	181,10	0,021																																																																																																																																																															
18	33271	6,15	188,29	0,021																																																																																																																																																															
19																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																			
21																																																																																																																																																																			
22																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO																																																																																																																																																																	
DOCENTE																																																																																																																																																																			
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																	
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																	
		NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																	
		FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																	

Anexo 35.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 5 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOKOLO				
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP 399.634			RCBC-LC-LPNC.....
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"			
ID DE PROBETA:	PATRON 5	DIAMETRO:	15.0 cm	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176.7 cm	
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm	
		RESPONSABLE:	Doch. Rodmel Valdivia Ayay	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Teran	

Nº	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	eu
1	0	0.00	0.00	0.000
2	3000	2.12	11.32	0.007
3	4000	2.65	22.64	0.009
4	6000	3.25	33.96	0.011
5	8000	3.54	45.27	0.012
6	10000	4.13	56.59	0.014
7	12000	4.44	67.91	0.015
8	14000	4.89	79.23	0.016
9	16000	5.23	90.55	0.018
10	18000	5.46	101.87	0.019
11	20000	5.72	113.19	0.019
12	22000	6.04	124.50	0.021
13	24000	6.22	135.82	0.021
14	26000	6.60	147.14	0.022
15	28000	6.70	158.46	0.023
16	30000	6.80	169.78	0.023
17	32000	7.00	181.10	0.024
18	33064	7.05	187.12	0.024
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

Observaciones:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Doch. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Teran	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 36.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 6 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:																																																																																																																																																																
NORMA:	NTP 399.0.34		RCBC-LC-UPNC																																																																																																																																																																
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																		
ID DE PROBETA:	PATRON 6	DIAMETRO:	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	03/04/2025	RADIO:	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176.7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	ALTIMA DE PROBETA:	30.0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>cu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>2.49</td><td>11.32</td><td>0.008</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>2.87</td><td>22.64</td><td>0.010</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>3.14</td><td>33.96</td><td>0.011</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3.33</td><td>45.27</td><td>0.012</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3.90</td><td>56.59</td><td>0.013</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>4.38</td><td>67.91</td><td>0.015</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4.55</td><td>79.23</td><td>0.015</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4.90</td><td>90.55</td><td>0.017</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5.16</td><td>101.87</td><td>0.017</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5.38</td><td>113.19</td><td>0.018</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5.55</td><td>124.50</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>5.80</td><td>135.82</td><td>0.020</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6.10</td><td>147.14</td><td>0.021</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6.25</td><td>158.46</td><td>0.021</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6.36</td><td>169.78</td><td>0.022</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6.45</td><td>181.10</td><td>0.022</td></tr> <tr><td>18</td><td>33252</td><td>6.80</td><td>188.18</td><td>0.022</td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	cu	1	0	0.00	0.00	0.000	2	2000	2.49	11.32	0.008	3	4000	2.87	22.64	0.010	4	6000	3.14	33.96	0.011	5	8000	3.33	45.27	0.012	6	10000	3.90	56.59	0.013	7	12000	4.38	67.91	0.015	8	14000	4.55	79.23	0.015	9	16000	4.90	90.55	0.017	10	18000	5.16	101.87	0.017	11	20000	5.38	113.19	0.018	12	22000	5.55	124.50	0.019	13	24000	5.80	135.82	0.020	14	26000	6.10	147.14	0.021	15	28000	6.25	158.46	0.021	16	30000	6.36	169.78	0.022	17	32000	6.45	181.10	0.022	18	33252	6.80	188.18	0.022	19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	cu																																																																																																																																																															
1	0	0.00	0.00	0.000																																																																																																																																																															
2	2000	2.49	11.32	0.008																																																																																																																																																															
3	4000	2.87	22.64	0.010																																																																																																																																																															
4	6000	3.14	33.96	0.011																																																																																																																																																															
5	8000	3.33	45.27	0.012																																																																																																																																																															
6	10000	3.90	56.59	0.013																																																																																																																																																															
7	12000	4.38	67.91	0.015																																																																																																																																																															
8	14000	4.55	79.23	0.015																																																																																																																																																															
9	16000	4.90	90.55	0.017																																																																																																																																																															
10	18000	5.16	101.87	0.017																																																																																																																																																															
11	20000	5.38	113.19	0.018																																																																																																																																																															
12	22000	5.55	124.50	0.019																																																																																																																																																															
13	24000	5.80	135.82	0.020																																																																																																																																																															
14	26000	6.10	147.14	0.021																																																																																																																																																															
15	28000	6.25	158.46	0.021																																																																																																																																																															
16	30000	6.36	169.78	0.022																																																																																																																																																															
17	32000	6.45	181.10	0.022																																																																																																																																																															
18	33252	6.80	188.18	0.022																																																																																																																																																															
19																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																			
21																																																																																																																																																																			
22																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 37.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 1 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-LPNC.....	
NORMA:	NTP 399.034		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	PATRÓN 1	DIÁMETRO:	13,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176,70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTIMA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,90	11,32	0,004
3	4000	1,89	22,64	0,006
4	6000	2,90	33,96	0,008
5	8000	3,00	45,27	0,010
6	10000	3,50	56,59	0,012
7	12000	3,90	67,91	0,013
8	14000	4,30	79,23	0,015
9	16000	4,70	90,55	0,016
10	18000	5,00	101,87	0,017
11	20000	5,80	113,19	0,018
12	22000	5,60	124,50	0,019
13	24000	5,90	135,82	0,020
14	26000	6,10	147,14	0,021
15	28000	6,30	158,46	0,022
16	30000	6,60	169,78	0,023
17	32000	6,80	181,10	0,023
18	34000	7,00	192,42	0,024
19	36000	7,10	203,74	0,024
20	38000	7,20	215,05	0,025
21	39115	7,40	221,36	0,025
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACION

Esfuerzo (Kg/cm²)

Deformación (mm)

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'C 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

Anexo 38.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 2 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAJO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP 399.034		RCBC-LC-UPNC.....
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	PATRÓN 2	DIAMETRO	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	02/04/2025	RADIO	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176.70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	28 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Dach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	2,06	11,32	0,007
3	4000	2,68	22,64	0,009
4	6000	3,22	33,96	0,011
5	8000	3,72	45,27	0,013
6	10000	4,38	56,59	0,014
7	12000	4,63	67,91	0,016
8	14000	5,05	79,23	0,017
9	16000	5,40	90,55	0,018
10	18000	5,71	101,87	0,019
11	20000	6,01	113,19	0,020
12	22000	6,32	124,50	0,021
13	24000	6,85	135,82	0,022
14	26000	6,79	147,14	0,023
15	28000	7,02	158,46	0,024
16	30000	7,23	169,78	0,025
17	32000	7,40	181,10	0,025
18	34000	7,87	192,42	0,026
19	36000	7,75	203,74	0,027
20	38000	7,87	215,05	0,027
21	40012	8,02	226,44	0,027
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Dach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 39.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 3 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP 399.034		RCBC-LC-UPNC:.....
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	PATRÓN 3	DIAMETRO	15,0 cm
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176,7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,89	11,32	0,007
3	4000	2,61	22,64	0,009
4	6000	3,15	33,96	0,011
5	8000	3,65	45,27	0,012
6	10000	4,13	56,59	0,014
7	12000	4,55	67,91	0,015
8	14000	4,95	79,23	0,017
9	16000	5,31	90,55	0,018
10	18000	5,65	101,87	0,019
11	20000	5,95	113,19	0,020
12	22000	6,22	124,50	0,021
13	24000	6,45	135,82	0,022
14	26000	6,69	147,14	0,023
15	28000	6,93	158,46	0,024
16	30000	7,12	169,78	0,024
17	32000	7,30	181,10	0,025
18	34000	7,45	192,42	0,025
19	36000	7,63	203,74	0,026
20	38000	7,77	215,05	0,027
21	39686	7,89	224,60	0,027
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				


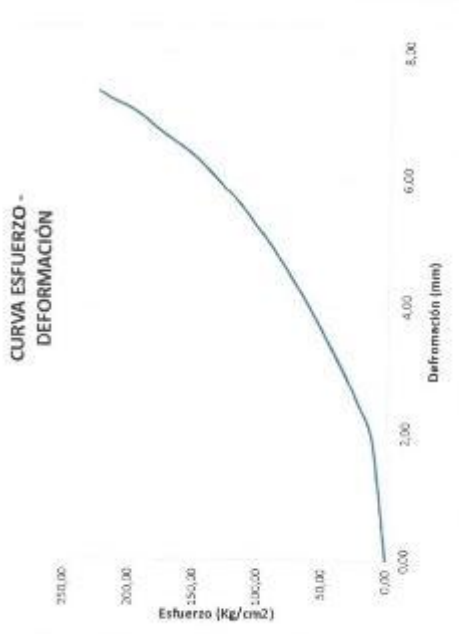
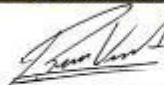

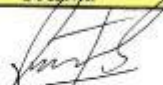
CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: Ing. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vázquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 40.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 4 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	PATRÓN 4	DIÁMETRO:	15,0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	ÁREA SECCIÓN:	176,7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	AL TURA DE PROBETA:	30,0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1,87</td><td>11,32</td><td>0,006</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>2,45</td><td>22,64</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>2,95</td><td>33,96</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3,41</td><td>45,27</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3,85</td><td>56,59</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>4,25</td><td>67,91</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4,62</td><td>79,23</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4,97</td><td>90,55</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5,27</td><td>101,87</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,58</td><td>113,19</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5,82</td><td>124,50</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>6,07</td><td>135,82</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,3</td><td>147,14</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,49</td><td>158,46</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,65</td><td>169,78</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,82</td><td>181,10</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>18</td><td>34000</td><td>7,01</td><td>192,42</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>19</td><td>36000</td><td>7,15</td><td>203,74</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>20</td><td>38000</td><td>7,25</td><td>215,05</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>21</td><td>39655</td><td>7,38</td><td>224,42</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	1,87	11,32	0,006	3	4000	2,45	22,64	0,008	4	6000	2,95	33,96	0,010	5	8000	3,41	45,27	0,011	6	10000	3,85	56,59	0,013	7	12000	4,25	67,91	0,014	8	14000	4,62	79,23	0,016	9	16000	4,97	90,55	0,017	10	18000	5,27	101,87	0,018	11	20000	5,58	113,19	0,019	12	22000	5,82	124,50	0,020	13	24000	6,07	135,82	0,021	14	26000	6,3	147,14	0,021	15	28000	6,49	158,46	0,022	16	30000	6,65	169,78	0,023	17	32000	6,82	181,10	0,023	18	34000	7,01	192,42	0,024	19	36000	7,15	203,74	0,024	20	38000	7,25	215,05	0,025	21	39655	7,38	224,42	0,025	22					23					24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	1,87	11,32	0,006																																																																																																																																																															
3	4000	2,45	22,64	0,008																																																																																																																																																															
4	6000	2,95	33,96	0,010																																																																																																																																																															
5	8000	3,41	45,27	0,011																																																																																																																																																															
6	10000	3,85	56,59	0,013																																																																																																																																																															
7	12000	4,25	67,91	0,014																																																																																																																																																															
8	14000	4,62	79,23	0,016																																																																																																																																																															
9	16000	4,97	90,55	0,017																																																																																																																																																															
10	18000	5,27	101,87	0,018																																																																																																																																																															
11	20000	5,58	113,19	0,019																																																																																																																																																															
12	22000	5,82	124,50	0,020																																																																																																																																																															
13	24000	6,07	135,82	0,021																																																																																																																																																															
14	26000	6,3	147,14	0,021																																																																																																																																																															
15	28000	6,49	158,46	0,022																																																																																																																																																															
16	30000	6,65	169,78	0,023																																																																																																																																																															
17	32000	6,82	181,10	0,023																																																																																																																																																															
18	34000	7,01	192,42	0,024																																																																																																																																																															
19	36000	7,15	203,74	0,024																																																																																																																																																															
20	38000	7,25	215,05	0,025																																																																																																																																																															
21	39655	7,38	224,42	0,025																																																																																																																																																															
22																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
																																																																																																																																																																			
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 41.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 5 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE HIGUQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....
	NORMA:	NTP 399.034	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PC 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"	
ID DE PROBETA:	PATRÓN 5	DIAMETRO	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176.7 cm
		ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	1.39	11.52	0.005
3	4000	2.03	22.64	0.007
4	6000	2.62	33.96	0.009
5	8000	3.30	45.27	0.011
6	10000	3.70	56.59	0.012
7	12000	4.14	67.91	0.014
8	14000	4.57	79.23	0.015
9	16000	4.99	90.55	0.017
10	18000	5.32	101.87	0.018
11	20000	5.67	113.19	0.019
12	22000	5.95	124.50	0.020
13	24000	6.23	135.82	0.021
14	26000	6.48	147.14	0.022
15	28000	6.72	158.46	0.023
16	30000	6.93	169.78	0.024
17	32000	7.12	181.10	0.024
18	34000	7.32	192.42	0.025
19	36000	7.50	203.74	0.026
20	38000	7.65	215.05	0.026
21	39879	7.78	225.69	0.027
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 42.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto patrón 6 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP 399.034		RCBC-LC-UPNC:.....
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	PATRÓN 6	DIAMETRO:	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176.7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	1.30	11.32	0.004
3	4000	1.95	22.64	0.007
4	6000	2.57	33.96	0.009
5	8000	3.08	45.27	0.010
6	10000	3.60	56.59	0.012
7	12000	4.05	67.91	0.014
8	14000	4.48	79.23	0.015
9	16000	4.87	90.55	0.016
10	18000	5.21	101.87	0.018
11	20000	5.53	113.19	0.019
12	22000	5.82	124.50	0.020
13	24000	6.10	135.82	0.021
14	26000	6.38	147.14	0.022
15	28000	6.59	158.46	0.022
16	30000	6.80	169.78	0.023
17	32000	6.98	181.10	0.024
18	34000	7.17	192.42	0.024
19	36000	7.32	203.74	0.025
20	38000	7.48	215.05	0.026
21	40019	7.63	226.48	0.026
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 43.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 1 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP 399.034		RCBC-LC-UPNC.....
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 1	DIAMETRO:	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176.70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Hach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	RU
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	0,96	11,32	0,003
3	4000	1,52	22,64	0,005
4	6000	1,90	33,96	0,006
5	8000	2,26	45,27	0,008
6	10000	2,66	56,59	0,009
7	12000	3,05	67,91	0,010
8	14000	3,42	79,23	0,012
9	16000	3,89	90,55	0,013
10	18000	4,20	101,87	0,014
11	20000	4,41	113,19	0,015
12	22000	4,64	124,50	0,016
13	24000	4,93	135,82	0,017
14	26000	5,22	147,14	0,018
15	28000	5,49	158,46	0,019
16	31680	5,57	179,29	0,019
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

Esfuerzo (Kg/cm²)

Deformación (mm)

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Hach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 44.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 2 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
ENSAYO:		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:		NTP 399.034		RCBC-LC-UPNC:.....
TESIS:		"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PRÓBETA:	GRAFENO 0.05% 2	DIÁMETRO:	15.0 cm	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176.70 cm ²	
EDAD DE LA PRÓBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PRÓBETA:	30.0 cm	
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Turán	

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	1.02	11.32	0.003
3	4000	1.41	22.64	0.005
4	6000	1.95	33.96	0.007
5	8000	2.57	45.27	0.008
6	10000	2.90	56.59	0.010
7	12000	3.28	67.91	0.011
8	14000	3.66	79.23	0.012
9	16000	3.85	90.55	0.013
10	18000	4.17	101.87	0.014
11	20000	4.62	113.19	0.016
12	22000	4.78	124.50	0.016
13	24000	5.13	135.82	0.017
14	26000	5.40	147.14	0.018
15	28000	5.51	158.46	0.019
16	31630	5.88	179.17	0.020
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Turán	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 45.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 3 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVKRSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO- RCBC-4.C-UPNC:.....	
NORMA:	NTP 399.034		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FU 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15% EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 3	DIÁMETRO:	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Turán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,73	11,32	0,006
3	4000	2,10	22,64	0,007
4	6000	2,74	33,96	0,009
5	8000	3,16	45,27	0,011
6	10000	3,61	56,59	0,012
7	12000	4,06	67,91	0,014
8	14000	4,36	79,23	0,015
9	16000	4,75	90,55	0,016
10	18000	5,07	101,87	0,017
11	20000	5,37	113,19	0,018
12	22000	5,70	124,50	0,019
13	24000	6,00	135,82	0,020
14	26000	6,30	147,14	0,021
15	28000	6,51	158,46	0,022
16	31633	6,60	179,02	0,022
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

Observaciones:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay FECHA: 12/05/2025	NOMBRE: ING. Luis Herrera Turán FECHA: 12/05/2025	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramirez FECHA: 12/05/2025

Anexo 46.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 4 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....	
NORMA:	NTP 399.034		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 4	DIAMETRO:	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm
		ALTIURA DE PROBETA:	30,0 cm
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	0,95	11,32	0,003
3	4000	1,33	22,64	0,004
4	6000	1,84	33,96	0,006
5	8000	2,27	45,27	0,008
6	10000	2,66	56,59	0,009
7	12000	3,04	67,91	0,010
8	14000	3,31	79,23	0,011
9	16000	3,69	90,55	0,012
10	18000	4,03	101,87	0,014
11	20000	4,18	113,19	0,014
12	22000	4,53	124,50	0,015
13	24000	4,79	135,82	0,016
14	26000	5,03	147,14	0,017
15	28000	5,29	158,46	0,018
16	31654	5,51	179,14	0,019
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay FECHA: 12/05/2025	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán FECHA: 12/05/2025	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez FECHA: 12/05/2025

Anexo 47.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 5 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	NTP 399.034	RCBC-LC-UPNC:.....	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 5	DIÁMETRO:	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	ÁREA SECCION:	176.7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	50.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	1.25	11.32	0.004
3	4000	1.81	22.64	0.006
4	6000	2.28	33.96	0.008
5	8000	2.77	45.27	0.009
6	10000	3.30	56.59	0.011
7	12000	3.64	67.91	0.012
8	14000	4.07	79.23	0.014
9	16000	4.47	90.55	0.015
10	18000	4.97	101.87	0.017
11	20000	5.22	113.19	0.018
12	22000	5.58	124.50	0.019
13	24000	6.04	135.82	0.021
14	26000	6.16	147.14	0.021
15	28000	6.52	158.46	0.022
16	31983	6.75	181.00	0.023
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACION

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'c 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

Anexo 48.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 6 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....
NORMA:	NTP 399.034		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 6	DIAMETRO	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm
		ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	0,95	11,32	0,003
3	4000	1,40	22,64	0,005
4	6000	1,86	33,96	0,006
5	8000	2,18	45,27	0,007
6	10000	2,54	56,59	0,009
7	12000	2,91	67,91	0,010
8	14000	3,19	79,23	0,011
9	16000	3,62	90,55	0,012
10	18000	3,87	101,87	0,013
11	20000	4,23	113,19	0,014
12	22000	4,51	124,50	0,015
13	24000	4,74	135,82	0,016
14	26000	4,99	147,14	0,017
15	28000	5,13	158,46	0,017
16	31644	5,29	179,08	0,018
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 49.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 1 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....		
NORMA:	NTP 399.034			
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"			
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 1	DIAMETRO:	15,0 cm	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176,70 cm ²	
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm	
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán	
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	2,01	11,32	0,007
3	4000	3,34	22,64	0,008
4	6000	3,90	33,96	0,010
5	8000	3,33	45,27	0,011
6	10000	3,73	56,59	0,013
7	12000	3,98	67,91	0,013
8	14000	4,33	79,23	0,015
9	16000	4,61	90,55	0,016
10	18000	4,87	101,87	0,016
11	20000	5,27	113,19	0,018
12	22000	5,42	124,50	0,018
13	24000	5,65	135,82	0,019
14	26000	5,95	147,14	0,020
15	28000	6,11	158,46	0,021
16	30000	6,24	169,78	0,021
17	32000	6,35	181,10	0,022
18	33301	6,40	188,46	0,022
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
OBSERVACIONES:				
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán		NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025

CURVA ESFUERZO - DEFORMACION

Anexo 50.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 2 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLIO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....	
NORMA:	NTP 399.034		
TESTS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 2	DIAMETRO	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176,70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	ALTIMA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	2,60	11,32	0,009
3	4000	3,02	22,64	0,010
4	6000	3,44	33,96	0,012
5	8000	3,81	45,27	0,013
6	10000	3,97	56,59	0,013
7	12000	4,33	67,91	0,015
8	14000	4,48	79,23	0,015
9	16000	4,80	90,55	0,016
10	18000	5,06	101,87	0,017
11	20000	5,24	113,19	0,018
12	22000	5,39	124,50	0,018
13	24000	5,70	135,82	0,019
14	26000	5,80	147,14	0,020
15	28000	5,85	158,46	0,020
16	30000	5,90	169,78	0,020
17	32000	5,93	181,10	0,020
18	34000	5,95	192,42	0,020
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				


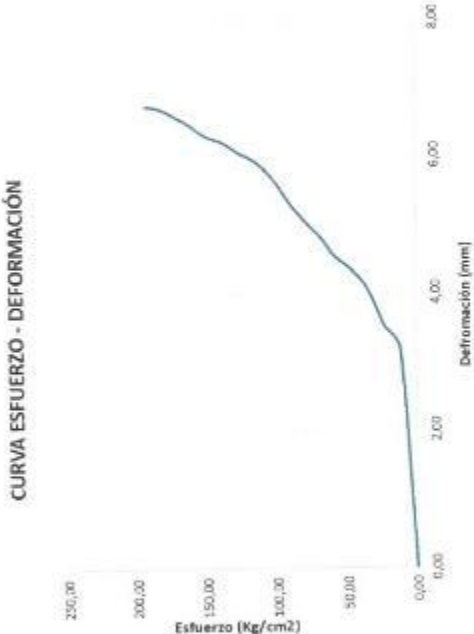

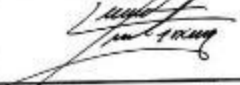
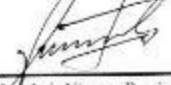
CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 51.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 3 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																				
PROTOCOLO																																																																																																																																																																				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....																																																																																																																																																																	
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																		
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 3	DIAMETRO:	15,0 cm																																																																																																																																																																	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm																																																																																																																																																																	
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm																																																																																																																																																																	
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm																																																																																																																																																																	
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>3,15</td><td>11,32</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>3,51</td><td>22,64</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>4,03</td><td>33,96</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>4,33</td><td>45,27</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>4,52</td><td>56,59</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>4,83</td><td>67,91</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>5,07</td><td>79,23</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>5,36</td><td>90,55</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5,71</td><td>101,87</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,93</td><td>113,19</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>6,05</td><td>124,50</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>6,23</td><td>135,82</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,38</td><td>147,14</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,65</td><td>158,46</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,99</td><td>169,78</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,70</td><td>181,10</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>18</td><td>33760</td><td>6,74</td><td>191,06</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	3,15	11,32	0,011	3	4000	3,51	22,64	0,012	4	6000	4,03	33,96	0,014	5	8000	4,33	45,27	0,015	6	10000	4,52	56,59	0,015	7	12000	4,83	67,91	0,016	8	14000	5,07	79,23	0,017	9	16000	5,36	90,55	0,018	10	18000	5,71	101,87	0,019	11	20000	5,93	113,19	0,020	12	22000	6,05	124,50	0,021	13	24000	6,23	135,82	0,023	14	26000	6,38	147,14	0,021	15	28000	6,65	158,46	0,022	16	30000	6,99	169,78	0,022	17	32000	6,70	181,10	0,023	18	33760	6,74	191,06	0,023	19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																																
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																																
2	2000	3,15	11,32	0,011																																																																																																																																																																
3	4000	3,51	22,64	0,012																																																																																																																																																																
4	6000	4,03	33,96	0,014																																																																																																																																																																
5	8000	4,33	45,27	0,015																																																																																																																																																																
6	10000	4,52	56,59	0,015																																																																																																																																																																
7	12000	4,83	67,91	0,016																																																																																																																																																																
8	14000	5,07	79,23	0,017																																																																																																																																																																
9	16000	5,36	90,55	0,018																																																																																																																																																																
10	18000	5,71	101,87	0,019																																																																																																																																																																
11	20000	5,93	113,19	0,020																																																																																																																																																																
12	22000	6,05	124,50	0,021																																																																																																																																																																
13	24000	6,23	135,82	0,023																																																																																																																																																																
14	26000	6,38	147,14	0,021																																																																																																																																																																
15	28000	6,65	158,46	0,022																																																																																																																																																																
16	30000	6,99	169,78	0,022																																																																																																																																																																
17	32000	6,70	181,10	0,023																																																																																																																																																																
18	33760	6,74	191,06	0,023																																																																																																																																																																
19																																																																																																																																																																				
20																																																																																																																																																																				
21																																																																																																																																																																				
22																																																																																																																																																																				
23																																																																																																																																																																				
24																																																																																																																																																																				
25																																																																																																																																																																				
26																																																																																																																																																																				
27																																																																																																																																																																				
28																																																																																																																																																																				
29																																																																																																																																																																				
30																																																																																																																																																																				
31																																																																																																																																																																				
 <p style="text-align: center;">CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN</p>																																																																																																																																																																				
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																				
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		DOCENTE																																																																																																																																																																
																																																																																																																																																																				
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán		NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 52.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 4 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....	
NORMA:	NTP 399.034		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 4	DIAMETRO:	15,0 cm
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCIÓN:	176,7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	EU
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	2,70	11,32	0,009
3	4000	3,40	22,64	0,011
4	6000	3,70	33,96	0,012
5	8000	4,20	45,27	0,014
6	10000	4,50	56,59	0,015
7	12000	4,60	67,91	0,016
8	14000	4,80	79,23	0,016
9	16000	5,10	90,55	0,017
10	18000	5,35	101,87	0,018
11	20000	5,45	113,19	0,018
12	22000	5,55	124,50	0,019
13	24000	5,65	135,82	0,019
14	26000	5,70	147,14	0,019
15	28000	5,75	158,46	0,020
16	30000	5,78	169,78	0,020
17	32000	5,80	181,10	0,020
18	33463	5,83	189,38	0,020
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramirez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 53.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 5 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO-RCBC-LC-UPNC:	
NORMA:	NTP 399.034		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 5	DIÁMETRO:	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176.7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	2.05	11.32	0.007
3	4000	2.60	22.64	0.009
4	6000	2.95	33.96	0.010
5	8000	3.40	45.27	0.011
6	10000	3.75	56.59	0.013
7	12000	4.00	67.91	0.014
8	14000	4.20	79.23	0.014
9	16000	4.50	90.55	0.015
10	18000	4.82	101.87	0.016
11	20000	4.96	113.19	0.017
12	22000	5.30	124.50	0.018
13	24000	5.50	135.82	0.019
14	26000	5.70	147.14	0.019
15	28000	5.75	158.46	0.020
16	30000	5.80	169.78	0.020
17	32000	5.85	181.10	0.020
18	33017	5.85	186.85	0.020
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				


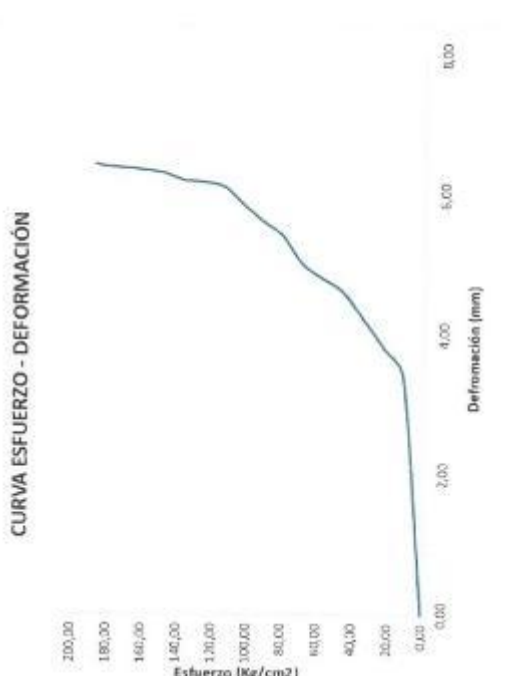

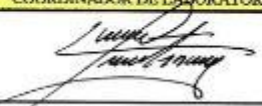

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramirez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025


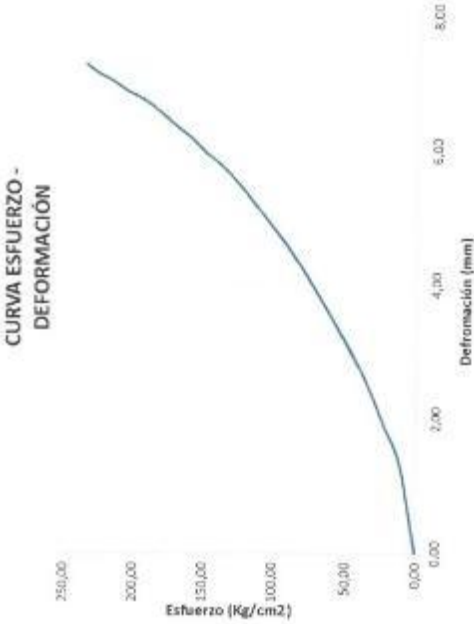
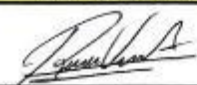
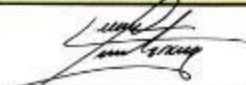
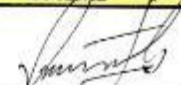
Anexo 54.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 6 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 6	DIAMETRO	15,0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7,5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm																																																																																																																																																																
		ALTURA DE PROBETA:	50,0 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>eu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>3,40</td><td>11,32</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>3,80</td><td>22,64</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>4,20</td><td>33,96</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>4,60</td><td>45,27</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>4,80</td><td>56,59</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>5,00</td><td>67,91</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>5,30</td><td>79,23</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>5,60</td><td>90,55</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5,85</td><td>101,87</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>6,10</td><td>113,19</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>6,17</td><td>124,50</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>6,30</td><td>135,82</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,30</td><td>147,14</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,35</td><td>158,46</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,38</td><td>169,78</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,40</td><td>181,10</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>18</td><td>32982</td><td>6,43</td><td>186,71</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	eu	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	3,40	11,32	0,011	3	4000	3,80	22,64	0,013	4	6000	4,20	33,96	0,014	5	8000	4,60	45,27	0,016	6	10000	4,80	56,59	0,016	7	12000	5,00	67,91	0,017	8	14000	5,30	79,23	0,018	9	16000	5,60	90,55	0,019	10	18000	5,85	101,87	0,020	11	20000	6,10	113,19	0,021	12	22000	6,17	124,50	0,021	13	24000	6,30	135,82	0,021	14	26000	6,30	147,14	0,021	15	28000	6,35	158,46	0,022	16	30000	6,38	169,78	0,022	17	32000	6,40	181,10	0,022	18	32982	6,43	186,71	0,022	19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31					 <p style="text-align: center;">CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN</p>	
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	eu																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	3,40	11,32	0,011																																																																																																																																																															
3	4000	3,80	22,64	0,013																																																																																																																																																															
4	6000	4,20	33,96	0,014																																																																																																																																																															
5	8000	4,60	45,27	0,016																																																																																																																																																															
6	10000	4,80	56,59	0,016																																																																																																																																																															
7	12000	5,00	67,91	0,017																																																																																																																																																															
8	14000	5,30	79,23	0,018																																																																																																																																																															
9	16000	5,60	90,55	0,019																																																																																																																																																															
10	18000	5,85	101,87	0,020																																																																																																																																																															
11	20000	6,10	113,19	0,021																																																																																																																																																															
12	22000	6,17	124,50	0,021																																																																																																																																																															
13	24000	6,30	135,82	0,021																																																																																																																																																															
14	26000	6,30	147,14	0,021																																																																																																																																																															
15	28000	6,35	158,46	0,022																																																																																																																																																															
16	30000	6,38	169,78	0,022																																																																																																																																																															
17	32000	6,40	181,10	0,022																																																																																																																																																															
18	32982	6,43	186,71	0,022																																																																																																																																																															
19																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																			
21																																																																																																																																																																			
22																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
																																																																																																																																																																			
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 55.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 1 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15% EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 1	DIAMETRO	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	ÁREA SECCIÓN:	176.70 cm ²																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1,31</td><td>11,32</td><td>0,004</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>1,89</td><td>22,64</td><td>0,006</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>2,45</td><td>33,96</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>2,95</td><td>45,27</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3,40</td><td>56,59</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>3,82</td><td>67,91</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4,23</td><td>79,23</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4,60</td><td>90,55</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>4,91</td><td>101,87</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,21</td><td>113,19</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5,50</td><td>124,50</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>5,75</td><td>135,82</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>5,95</td><td>147,14</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,18</td><td>158,46</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,37</td><td>169,78</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,57</td><td>181,10</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>18</td><td>34000</td><td>6,75</td><td>192,42</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>19</td><td>36000</td><td>6,87</td><td>203,74</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>20</td><td>38000</td><td>7,03</td><td>215,05</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>21</td><td>40000</td><td>7,15</td><td>226,37</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>22</td><td>41357</td><td>7,28</td><td>234,05</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	1,31	11,32	0,004	3	4000	1,89	22,64	0,006	4	6000	2,45	33,96	0,008	5	8000	2,95	45,27	0,010	6	10000	3,40	56,59	0,011	7	12000	3,82	67,91	0,013	8	14000	4,23	79,23	0,014	9	16000	4,60	90,55	0,016	10	18000	4,91	101,87	0,017	11	20000	5,21	113,19	0,018	12	22000	5,50	124,50	0,019	13	24000	5,75	135,82	0,020	14	26000	5,95	147,14	0,020	15	28000	6,18	158,46	0,021	16	30000	6,37	169,78	0,022	17	32000	6,57	181,10	0,022	18	34000	6,75	192,42	0,023	19	36000	6,87	203,74	0,023	20	38000	7,03	215,05	0,024	21	40000	7,15	226,37	0,024	22	41357	7,28	234,05	0,025	23					24					25					26					27					28					29					30					31						
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	1,31	11,32	0,004																																																																																																																																																															
3	4000	1,89	22,64	0,006																																																																																																																																																															
4	6000	2,45	33,96	0,008																																																																																																																																																															
5	8000	2,95	45,27	0,010																																																																																																																																																															
6	10000	3,40	56,59	0,011																																																																																																																																																															
7	12000	3,82	67,91	0,013																																																																																																																																																															
8	14000	4,23	79,23	0,014																																																																																																																																																															
9	16000	4,60	90,55	0,016																																																																																																																																																															
10	18000	4,91	101,87	0,017																																																																																																																																																															
11	20000	5,21	113,19	0,018																																																																																																																																																															
12	22000	5,50	124,50	0,019																																																																																																																																																															
13	24000	5,75	135,82	0,020																																																																																																																																																															
14	26000	5,95	147,14	0,020																																																																																																																																																															
15	28000	6,18	158,46	0,021																																																																																																																																																															
16	30000	6,37	169,78	0,022																																																																																																																																																															
17	32000	6,57	181,10	0,022																																																																																																																																																															
18	34000	6,75	192,42	0,023																																																																																																																																																															
19	36000	6,87	203,74	0,023																																																																																																																																																															
20	38000	7,03	215,05	0,024																																																																																																																																																															
21	40000	7,15	226,37	0,024																																																																																																																																																															
22	41357	7,28	234,05	0,025																																																																																																																																																															
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO																																																																																																																																																																	
																																																																																																																																																																			
DOCENTE																																																																																																																																																																			
																																																																																																																																																																			
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																	
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																	
		NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																	
		FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																	

Anexo 56.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 2 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....	
NORMA:	NTP 399.034		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 2	DIAMETRO:	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176.70 cm ²
		ALTIMA DE PROBETA:	30.0 cm
EDAD DE LA PROBETA:	28 DIAS	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

Nº	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,92	11,32	0,006
3	4000	2,52	22,64	0,008
4	6000	3,09	33,96	0,010
5	8000	3,57	45,27	0,012
6	10000	4,07	56,59	0,014
7	12000	4,49	67,91	0,015
8	14000	4,88	79,23	0,017
9	16000	5,28	90,55	0,018
10	18000	5,58	101,87	0,019
11	20000	5,88	113,19	0,020
12	22000	6,15	124,50	0,021
13	24000	6,40	135,82	0,022
14	26000	6,65	147,14	0,023
15	28000	6,87	158,46	0,023
16	30000	7,05	169,78	0,024
17	32000	7,25	181,10	0,025
18	34000	7,40	192,42	0,025
19	36000	7,55	203,74	0,026
20	38000	7,70	215,05	0,026
21	40000	7,85	226,37	0,027
22	41657	7,95	235,75	0,027
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 57.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 3 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05%_3	DIAMETRO	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCIÓN:	176.7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTIMETRO DE PROBETA:	30.0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ_u</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1.35</td><td>11.32</td><td>0.005</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>2.01</td><td>22.64</td><td>0.007</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>2.61</td><td>33.96</td><td>0.009</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3.15</td><td>45.27</td><td>0.011</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3.63</td><td>56.59</td><td>0.012</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>4.12</td><td>67.91</td><td>0.014</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4.58</td><td>79.23</td><td>0.015</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4.95</td><td>90.55</td><td>0.017</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5.30</td><td>101.87</td><td>0.018</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5.65</td><td>113.19</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5.95</td><td>124.50</td><td>0.020</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>6.21</td><td>135.82</td><td>0.021</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6.48</td><td>147.14</td><td>0.022</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6.73</td><td>158.46</td><td>0.023</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6.95</td><td>169.78</td><td>0.024</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>7.15</td><td>181.10</td><td>0.024</td></tr> <tr><td>18</td><td>34000</td><td>7.31</td><td>192.42</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>19</td><td>36000</td><td>7.47</td><td>203.74</td><td>0.026</td></tr> <tr><td>20</td><td>38000</td><td>7.60</td><td>215.05</td><td>0.026</td></tr> <tr><td>21</td><td>40000</td><td>7.77</td><td>226.37</td><td>0.027</td></tr> <tr><td>22</td><td>41359</td><td>7.89</td><td>234.06</td><td>0.027</td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ_u	1	0	0.00	0.00	0.000	2	2000	1.35	11.32	0.005	3	4000	2.01	22.64	0.007	4	6000	2.61	33.96	0.009	5	8000	3.15	45.27	0.011	6	10000	3.63	56.59	0.012	7	12000	4.12	67.91	0.014	8	14000	4.58	79.23	0.015	9	16000	4.95	90.55	0.017	10	18000	5.30	101.87	0.018	11	20000	5.65	113.19	0.019	12	22000	5.95	124.50	0.020	13	24000	6.21	135.82	0.021	14	26000	6.48	147.14	0.022	15	28000	6.73	158.46	0.023	16	30000	6.95	169.78	0.024	17	32000	7.15	181.10	0.024	18	34000	7.31	192.42	0.025	19	36000	7.47	203.74	0.026	20	38000	7.60	215.05	0.026	21	40000	7.77	226.37	0.027	22	41359	7.89	234.06	0.027	23					24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ_u																																																																																																																																																															
1	0	0.00	0.00	0.000																																																																																																																																																															
2	2000	1.35	11.32	0.005																																																																																																																																																															
3	4000	2.01	22.64	0.007																																																																																																																																																															
4	6000	2.61	33.96	0.009																																																																																																																																																															
5	8000	3.15	45.27	0.011																																																																																																																																																															
6	10000	3.63	56.59	0.012																																																																																																																																																															
7	12000	4.12	67.91	0.014																																																																																																																																																															
8	14000	4.58	79.23	0.015																																																																																																																																																															
9	16000	4.95	90.55	0.017																																																																																																																																																															
10	18000	5.30	101.87	0.018																																																																																																																																																															
11	20000	5.65	113.19	0.019																																																																																																																																																															
12	22000	5.95	124.50	0.020																																																																																																																																																															
13	24000	6.21	135.82	0.021																																																																																																																																																															
14	26000	6.48	147.14	0.022																																																																																																																																																															
15	28000	6.73	158.46	0.023																																																																																																																																																															
16	30000	6.95	169.78	0.024																																																																																																																																																															
17	32000	7.15	181.10	0.024																																																																																																																																																															
18	34000	7.31	192.42	0.025																																																																																																																																																															
19	36000	7.47	203.74	0.026																																																																																																																																																															
20	38000	7.60	215.05	0.026																																																																																																																																																															
21	40000	7.77	226.37	0.027																																																																																																																																																															
22	41359	7.89	234.06	0.027																																																																																																																																																															
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 58.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 4 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCEC-LC-UPNC:.....	
NORMA:	NTP 399.034			
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"			
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 4	DIAMETRO:	15,0 cm	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176,7 cm	
EDAD DE LA PROBETA:	28 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm	
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán	

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,90	11,32	0,006
3	4000	2,49	22,64	0,008
4	6000	3,02	33,96	0,010
5	8000	3,50	45,27	0,012
6	10000	3,95	56,59	0,013
7	12000	4,35	67,91	0,015
8	14000	4,71	79,23	0,016
9	16000	5,05	90,55	0,017
10	18000	5,39	101,87	0,018
11	20000	5,69	113,19	0,019
12	22000	5,95	124,50	0,020
13	24000	6,19	135,82	0,021
14	26000	6,4	147,14	0,022
15	28000	6,62	158,46	0,023
16	30000	6,82	169,78	0,023
17	32000	6,98	181,10	0,024
18	34000	7,12	192,42	0,024
19	36000	7,27	203,74	0,025
20	38000	7,42	215,05	0,025
21	40000	7,55	226,37	0,026
22	41520	7,63	234,97	0,026
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACION

Esfuerzo (Kg/cm²)

Deformación (mm)

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025


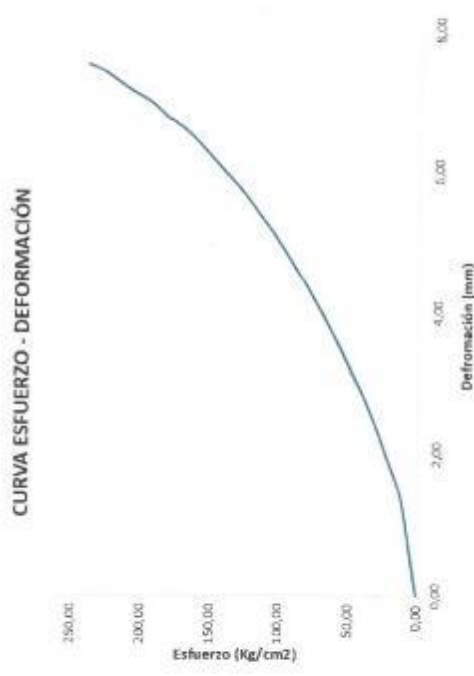
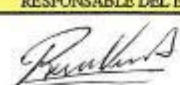


Anexo 59.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 5 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																	
NORMA:	NTP 599.034																																																																																																																																																																		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05% 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05%_5	DIAMETRO:	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176.7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	AL TURA DE PROBETA:	30.0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1.82</td><td>11.32</td><td>0.006</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>2.40</td><td>22.64</td><td>0.008</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>2.93</td><td>33.96</td><td>0.010</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3.72</td><td>45.27</td><td>0.012</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3.88</td><td>56.59</td><td>0.013</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>4.30</td><td>67.91</td><td>0.015</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4.65</td><td>79.23</td><td>0.016</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4.98</td><td>90.55</td><td>0.017</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5.33</td><td>101.87</td><td>0.018</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5.60</td><td>113.19</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5.85</td><td>124.50</td><td>0.020</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>6.13</td><td>135.82</td><td>0.021</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6.35</td><td>147.14</td><td>0.022</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6.53</td><td>158.46</td><td>0.022</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6.75</td><td>169.78</td><td>0.023</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6.91</td><td>181.10</td><td>0.024</td></tr> <tr><td>18</td><td>34000</td><td>7.05</td><td>192.42</td><td>0.024</td></tr> <tr><td>19</td><td>36000</td><td>7.20</td><td>203.74</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>20</td><td>38000</td><td>7.35</td><td>215.05</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>21</td><td>40000</td><td>7.48</td><td>226.37</td><td>0.026</td></tr> <tr><td>22</td><td>41668</td><td>7.58</td><td>235.81</td><td>0.026</td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0.00	0.00	0.000	2	2000	1.82	11.32	0.006	3	4000	2.40	22.64	0.008	4	6000	2.93	33.96	0.010	5	8000	3.72	45.27	0.012	6	10000	3.88	56.59	0.013	7	12000	4.30	67.91	0.015	8	14000	4.65	79.23	0.016	9	16000	4.98	90.55	0.017	10	18000	5.33	101.87	0.018	11	20000	5.60	113.19	0.019	12	22000	5.85	124.50	0.020	13	24000	6.13	135.82	0.021	14	26000	6.35	147.14	0.022	15	28000	6.53	158.46	0.022	16	30000	6.75	169.78	0.023	17	32000	6.91	181.10	0.024	18	34000	7.05	192.42	0.024	19	36000	7.20	203.74	0.025	20	38000	7.35	215.05	0.025	21	40000	7.48	226.37	0.026	22	41668	7.58	235.81	0.026	23					24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0.00	0.00	0.000																																																																																																																																																															
2	2000	1.82	11.32	0.006																																																																																																																																																															
3	4000	2.40	22.64	0.008																																																																																																																																																															
4	6000	2.93	33.96	0.010																																																																																																																																																															
5	8000	3.72	45.27	0.012																																																																																																																																																															
6	10000	3.88	56.59	0.013																																																																																																																																																															
7	12000	4.30	67.91	0.015																																																																																																																																																															
8	14000	4.65	79.23	0.016																																																																																																																																																															
9	16000	4.98	90.55	0.017																																																																																																																																																															
10	18000	5.33	101.87	0.018																																																																																																																																																															
11	20000	5.60	113.19	0.019																																																																																																																																																															
12	22000	5.85	124.50	0.020																																																																																																																																																															
13	24000	6.13	135.82	0.021																																																																																																																																																															
14	26000	6.35	147.14	0.022																																																																																																																																																															
15	28000	6.53	158.46	0.022																																																																																																																																																															
16	30000	6.75	169.78	0.023																																																																																																																																																															
17	32000	6.91	181.10	0.024																																																																																																																																																															
18	34000	7.05	192.42	0.024																																																																																																																																																															
19	36000	7.20	203.74	0.025																																																																																																																																																															
20	38000	7.35	215.05	0.025																																																																																																																																																															
21	40000	7.48	226.37	0.026																																																																																																																																																															
22	41668	7.58	235.81	0.026																																																																																																																																																															
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 60.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.05% de adición de grafeno 6 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO	CODIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESTIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.05% 6	DIAMETRO	15,0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7,5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176,7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	28 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1,21</td><td>11,32</td><td>0,004</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>1,95</td><td>22,64</td><td>0,007</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>2,52</td><td>33,96</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3,02</td><td>45,27</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3,52</td><td>56,59</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>3,95</td><td>67,91</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4,35</td><td>79,23</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4,70</td><td>90,55</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5,05</td><td>101,87</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,35</td><td>113,19</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5,65</td><td>124,50</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>5,90</td><td>135,82</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,15</td><td>147,14</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,39</td><td>158,46</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,60</td><td>169,78</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,75</td><td>181,10</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>18</td><td>34000</td><td>6,95</td><td>192,42</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>19</td><td>36000</td><td>7,08</td><td>203,74</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>20</td><td>38000</td><td>7,23</td><td>215,05</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>21</td><td>40000</td><td>7,39</td><td>226,37</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>22</td><td>42013</td><td>7,49</td><td>237,76</td><td>0,026</td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	1,21	11,32	0,004	3	4000	1,95	22,64	0,007	4	6000	2,52	33,96	0,008	5	8000	3,02	45,27	0,010	6	10000	3,52	56,59	0,012	7	12000	3,95	67,91	0,013	8	14000	4,35	79,23	0,015	9	16000	4,70	90,55	0,016	10	18000	5,05	101,87	0,017	11	20000	5,35	113,19	0,018	12	22000	5,65	124,50	0,019	13	24000	5,90	135,82	0,020	14	26000	6,15	147,14	0,021	15	28000	6,39	158,46	0,022	16	30000	6,60	169,78	0,022	17	32000	6,75	181,10	0,023	18	34000	6,95	192,42	0,024	19	36000	7,08	203,74	0,024	20	38000	7,23	215,05	0,025	21	40000	7,39	226,37	0,025	22	42013	7,49	237,76	0,026	23					24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	1,21	11,32	0,004																																																																																																																																																															
3	4000	1,95	22,64	0,007																																																																																																																																																															
4	6000	2,52	33,96	0,008																																																																																																																																																															
5	8000	3,02	45,27	0,010																																																																																																																																																															
6	10000	3,52	56,59	0,012																																																																																																																																																															
7	12000	3,95	67,91	0,013																																																																																																																																																															
8	14000	4,35	79,23	0,015																																																																																																																																																															
9	16000	4,70	90,55	0,016																																																																																																																																																															
10	18000	5,05	101,87	0,017																																																																																																																																																															
11	20000	5,35	113,19	0,018																																																																																																																																																															
12	22000	5,65	124,50	0,019																																																																																																																																																															
13	24000	5,90	135,82	0,020																																																																																																																																																															
14	26000	6,15	147,14	0,021																																																																																																																																																															
15	28000	6,39	158,46	0,022																																																																																																																																																															
16	30000	6,60	169,78	0,022																																																																																																																																																															
17	32000	6,75	181,10	0,023																																																																																																																																																															
18	34000	6,95	192,42	0,024																																																																																																																																																															
19	36000	7,08	203,74	0,024																																																																																																																																																															
20	38000	7,23	215,05	0,025																																																																																																																																																															
21	40000	7,39	226,37	0,025																																																																																																																																																															
22	42013	7,49	237,76	0,026																																																																																																																																																															
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
 <p style="text-align: center;">CURVA ESFUERZO - DEFORMACION</p>																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
																																																																																																																																																																			
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 61.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 6 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP 399.034	RCBC-LC-UPNC:.....
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15% EN CAJAMARCA 2025"	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 6	DIAMETRO:	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADÍO:	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,84	11,32	0,006
3	4000	2,37	27,64	0,008
4	6000	2,84	33,96	0,010
5	8000	3,41	45,27	0,011
6	10000	3,75	56,59	0,013
7	12000	4,25	67,91	0,014
8	14000	4,72	79,23	0,016
9	16000	4,99	90,55	0,017
10	18000	5,46	101,87	0,019
11	20000	5,65	113,19	0,019
12	22000	6,08	124,50	0,021
13	24000	6,36	135,82	0,022
14	26000	6,63	147,14	0,023
15	28000	6,73	158,46	0,023
16	30000	7,03	169,78	0,024
17	31922	7,16	180,66	0,024
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 62.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 5 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....	
NORMA:	NTP 399.034		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 5	DIÁMETRO:	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,02	11,32	0,003
3	4000	1,73	22,64	0,005
4	6000	2,05	33,96	0,007
5	8000	2,64	45,27	0,009
6	10000	3,00	56,59	0,010
7	12000	3,51	67,91	0,012
8	14000	3,81	79,23	0,013
9	16000	4,12	90,55	0,014
10	18000	4,49	101,87	0,015
11	20000	4,82	113,19	0,016
12	22000	5,18	124,50	0,018
13	24000	5,44	135,82	0,018
14	26000	5,72	147,14	0,019
15	28000	5,99	158,46	0,020
16	30000	6,21	169,78	0,021
17	31953	6,37	181,06	0,022
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 63.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 4 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
ENSAYO:		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....
NORMA:		NTP 399.034		
TESIS:		“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025”		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 4	DIAMETRO	15.0 cm	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176.7 cm	
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm	
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán	
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm²)	c_u
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	1.57	11.32	0.005
3	4000	2.13	22.64	0.007
4	6000	2.88	33.96	0.009
5	8000	3.14	45.27	0.011
6	10000	3.52	56.59	0.012
7	12000	3.97	67.91	0.013
8	14000	4.43	79.23	0.015
9	16000	4.78	90.55	0.016
10	18000	5.07	101.87	0.017
11	20000	5.32	113.19	0.018
12	22000	5.57	124.50	0.019
13	24000	5.92	135.82	0.020
14	26000	6.07	147.14	0.021
15	28000	6.46	158.46	0.022
16	30000	6.67	169.78	0.023
17	32000	6.77	181.63	0.023
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
OBSERVACIONES:				
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO		DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán		NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vázquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

Anexo 64.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 3 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 3	DIAMETRO:	15,0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	ÁREA SECCIÓN:	176,7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>su</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>0,99</td><td>11,52</td><td>0,003</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>1,14</td><td>22,64</td><td>0,004</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>1,98</td><td>33,96</td><td>0,005</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>2,08</td><td>45,27</td><td>0,007</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>2,17</td><td>56,59</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>2,97</td><td>67,91</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>3,39</td><td>79,23</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>3,78</td><td>90,55</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>4,10</td><td>101,87</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>4,49</td><td>113,19</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>4,75</td><td>124,50</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>4,97</td><td>135,82</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>5,29</td><td>147,14</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>5,50</td><td>158,46</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>5,86</td><td>169,78</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>17</td><td>31958</td><td>6,05</td><td>180,86</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	su	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	0,99	11,52	0,003	3	4000	1,14	22,64	0,004	4	6000	1,98	33,96	0,005	5	8000	2,08	45,27	0,007	6	10000	2,17	56,59	0,008	7	12000	2,97	67,91	0,010	8	14000	3,39	79,23	0,011	9	16000	3,78	90,55	0,013	10	18000	4,10	101,87	0,014	11	20000	4,49	113,19	0,015	12	22000	4,75	124,50	0,016	13	24000	4,97	135,82	0,017	14	26000	5,29	147,14	0,018	15	28000	5,50	158,46	0,019	16	30000	5,86	169,78	0,020	17	31958	6,05	180,86	0,021	18					19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	su																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	0,99	11,52	0,003																																																																																																																																																															
3	4000	1,14	22,64	0,004																																																																																																																																																															
4	6000	1,98	33,96	0,005																																																																																																																																																															
5	8000	2,08	45,27	0,007																																																																																																																																																															
6	10000	2,17	56,59	0,008																																																																																																																																																															
7	12000	2,97	67,91	0,010																																																																																																																																																															
8	14000	3,39	79,23	0,011																																																																																																																																																															
9	16000	3,78	90,55	0,013																																																																																																																																																															
10	18000	4,10	101,87	0,014																																																																																																																																																															
11	20000	4,49	113,19	0,015																																																																																																																																																															
12	22000	4,75	124,50	0,016																																																																																																																																																															
13	24000	4,97	135,82	0,017																																																																																																																																																															
14	26000	5,29	147,14	0,018																																																																																																																																																															
15	28000	5,50	158,46	0,019																																																																																																																																																															
16	30000	5,86	169,78	0,020																																																																																																																																																															
17	31958	6,05	180,86	0,021																																																																																																																																																															
18																																																																																																																																																																			
19																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																			
21																																																																																																																																																																			
22																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DEL LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 65.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 2 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	NTP 399.034	RCBC-LC-UPNC:.....	
TESIS:	“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025”		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 2	DIÁMETRO:	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176.70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Torán

Nº	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	CU
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,21	11,32	0,004
3	4000	1,90	22,64	0,006
4	6000	2,28	33,96	0,008
5	8000	2,67	45,27	0,009
6	10000	3,06	56,59	0,010
7	12000	3,73	67,91	0,011
8	14000	3,99	79,23	0,011
9	16000	3,69	90,55	0,012
10	18000	3,81	101,87	0,013
11	20000	4,00	113,19	0,014
12	22000	4,30	124,50	0,015
13	24000	4,37	135,82	0,015
14	26000	4,42	147,14	0,015
15	28000	4,54	158,46	0,015
16	30000	4,59	169,78	0,016
17	32000	4,65	181,10	0,016
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACION

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Torán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 66.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 1 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																	
NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																		
TESIS:	“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F’C 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025”																																																																																																																																																																		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% I	DIAMETRO:	15,0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176,70 cm ²																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1,01</td><td>11,32</td><td>0,003</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>1,43</td><td>22,64</td><td>0,005</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>1,82</td><td>33,96</td><td>0,006</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>2,25</td><td>45,27</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>2,83</td><td>56,59</td><td>0,009</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>3,00</td><td>67,91</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>3,50</td><td>79,23</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>3,75</td><td>90,55</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>4,19</td><td>101,87</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>4,40</td><td>113,19</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>4,70</td><td>124,50</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>4,90</td><td>135,82</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>5,22</td><td>147,14</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>5,40</td><td>158,46</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>5,50</td><td>169,78</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>5,55</td><td>181,14</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	1,01	11,32	0,003	3	4000	1,43	22,64	0,005	4	6000	1,82	33,96	0,006	5	8000	2,25	45,27	0,008	6	10000	2,83	56,59	0,009	7	12000	3,00	67,91	0,010	8	14000	3,50	79,23	0,012	9	16000	3,75	90,55	0,013	10	18000	4,19	101,87	0,014	11	20000	4,40	113,19	0,015	12	22000	4,70	124,50	0,016	13	24000	4,90	135,82	0,017	14	26000	5,22	147,14	0,018	15	28000	5,40	158,46	0,018	16	30000	5,50	169,78	0,019	17	32000	5,55	181,14	0,019	18					19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	1,01	11,32	0,003																																																																																																																																																															
3	4000	1,43	22,64	0,005																																																																																																																																																															
4	6000	1,82	33,96	0,006																																																																																																																																																															
5	8000	2,25	45,27	0,008																																																																																																																																																															
6	10000	2,83	56,59	0,009																																																																																																																																																															
7	12000	3,00	67,91	0,010																																																																																																																																																															
8	14000	3,50	79,23	0,012																																																																																																																																																															
9	16000	3,75	90,55	0,013																																																																																																																																																															
10	18000	4,19	101,87	0,014																																																																																																																																																															
11	20000	4,40	113,19	0,015																																																																																																																																																															
12	22000	4,70	124,50	0,016																																																																																																																																																															
13	24000	4,90	135,82	0,017																																																																																																																																																															
14	26000	5,22	147,14	0,018																																																																																																																																																															
15	28000	5,40	158,46	0,018																																																																																																																																																															
16	30000	5,50	169,78	0,019																																																																																																																																																															
17	32000	5,55	181,14	0,019																																																																																																																																																															
18																																																																																																																																																																			
19																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																			
21																																																																																																																																																																			
22																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Viquez Ramirez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 67.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 6 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-IC-UPNC:.....	
NORMA:	NTP 399.034		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 6	DIAMETRO	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	ÁREA SECCIÓN:	176,7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

Nº	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,58	11,32	0,005
3	4000	2,00	22,64	0,007
4	6000	2,29	33,96	0,008
5	8000	2,84	45,27	0,010
6	10000	3,23	56,59	0,011
7	12000	3,63	67,91	0,012
8	14000	3,82	79,23	0,013
9	16000	4,17	90,55	0,014
10	18000	4,50	101,87	0,015
11	20000	4,76	113,19	0,016
12	22000	5,13	124,50	0,017
13	24000	5,27	135,82	0,018
14	26000	5,52	147,14	0,019
15	28000	5,79	158,46	0,019
16	30000	5,87	169,78	0,020
17	32000	6,03	181,10	0,021
18	33650	6,16	190,44	0,021
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

El gráfico muestra una curva que comienza en el origen (0,0) y se eleva casi linealmente hasta unos 180 kg/cm² de esfuerzo y 6,0 mm de deformación. Después de este punto, la curva se vuelve más rígida y alcanza un punto de falla a unos 190 kg/cm² de esfuerzo y 6,16 mm de deformación. El eje horizontal (Esfuerzo) va de 0,00 a 200,00 kg/cm², y el eje vertical (Deformación) va de 0,00 a 8,00 mm.

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 68.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 5 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	NTP 399.034	RCBC-LC-UPNC:	
TRISIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 5	DIAMETRO:	15.0 cm
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	ÁREA SECCIÓN:	176.7 cm
		ALTURA DE PROBETA:	50.0 cm
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,17	11,32	0,004
3	4000	1,76	22,64	0,006
4	6000	2,20	33,96	0,007
5	8000	2,72	45,27	0,009
6	10000	3,11	56,59	0,010
7	12000	3,63	67,91	0,012
8	14000	4,13	79,23	0,014
9	16000	4,49	90,55	0,015
10	18000	4,74	101,87	0,016
11	20000	5,13	113,19	0,017
12	22000	5,38	124,50	0,019
13	24000	5,76	135,82	0,020
14	26000	6,01	147,14	0,020
15	28000	6,24	158,46	0,021
16	30000	6,51	169,78	0,022
17	32000	6,75	181,10	0,023
18	33876	6,90	191,71	0,024
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/08/2025

Anexo 69.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 4 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	NTP 399.034	RCBC-LC-UPNC.....	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 4	DIAMETRO:	15,0 cm	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm	
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	ALURA DE PROBETA:	30,0 cm	
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Torán	
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm²)	ε_v
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,02	11,32	0,003
3	4000	1,50	22,64	0,005
4	6000	2,20	33,96	0,007
5	8000	2,60	45,27	0,009
6	10000	3,00	56,59	0,010
7	12000	3,40	67,91	0,011
8	14000	3,70	79,23	0,012
9	16000	4,00	90,55	0,013
10	18000	4,30	101,87	0,014
11	20000	4,70	113,19	0,016
12	22000	5,00	124,50	0,017
13	24000	5,30	135,82	0,018
14	26000	5,60	147,14	0,019
15	28000	5,70	158,46	0,019
16	30000	5,72	169,78	0,019
17	32000	5,75	181,10	0,020
18	33967	5,78	192,42	0,020
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Torán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 70.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 3 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....
	NORMA:	NTP 399.034	
	TEMA:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 3	DIAMETRO	15.0 cm
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCIÓN:	176.7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	1.11	11.32	0.004
3	4000	1.78	22.64	0.006
4	6000	2.17	33.96	0.007
5	8000	2.68	45.27	0.009
6	10000	3.15	56.59	0.011
7	12000	3.69	67.91	0.012
8	14000	3.98	79.23	0.013
9	16000	4.33	90.55	0.015
10	18000	4.79	101.87	0.016
11	20000	5.09	113.19	0.017
12	22000	5.44	124.50	0.018
13	24000	5.80	135.82	0.020
14	26000	6.06	147.14	0.021
15	28000	6.29	158.46	0.021
16	30000	6.57	169.78	0.022
17	32000	6.82	181.10	0.023
18	33275	6.95	188.31	0.024
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vázquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

“Mejoramiento de la resistencia del concreto F'c 210 kg/cm² utilizando grafeno al 0.05%, 0.1% Y 0.15%, en Cajamarca 2025”

Anexo 71.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 2 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP 399.034		RCBC-LC-UPNC:.....
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 2	DIAMETRO:	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176,70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	0,90	11,32	0,005
3	4000	1,40	22,64	0,005
4	6000	1,74	33,96	0,006
5	8000	2,28	45,27	0,008
6	10000	2,74	56,59	0,009
7	12000	3,24	67,91	0,011
8	14000	3,89	79,23	0,013
9	16000	4,21	90,55	0,014
10	18000	4,52	101,87	0,015
11	20000	4,91	113,19	0,017
12	22000	5,31	124,50	0,018
13	24000	5,76	135,82	0,020
14	26000	6,05	147,14	0,021
15	28000	6,30	158,46	0,021
16	30000	6,60	169,78	0,022
17	32000	6,80	181,10	0,023
18	33087	6,85	187,25	0,023
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

Deformación (mm)

Esfuerzo (Kg/cm²)

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025


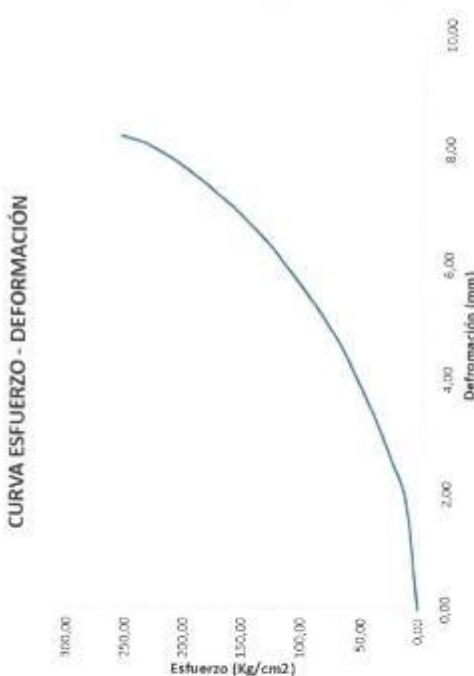
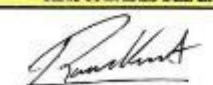
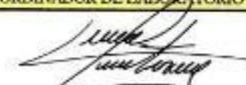

Anexo 72.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 1 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																	
NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																		
TEMA:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% I	DIAMETRO:	15,0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176,70 cm ²																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>EU</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1,69</td><td>11,32</td><td>0,006</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>2,06</td><td>22,64</td><td>0,007</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>2,58</td><td>33,96</td><td>0,009</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3,16</td><td>45,27</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3,56</td><td>56,59</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>3,93</td><td>67,91</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4,40</td><td>79,23</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4,65</td><td>90,55</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5,00</td><td>101,87</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,33</td><td>113,19</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5,54</td><td>124,50</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>5,96</td><td>135,82</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,13</td><td>147,14</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,33</td><td>158,46</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,45</td><td>169,78</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,72</td><td>181,10</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>18</td><td>33284</td><td>6,94</td><td>188,36</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	EU	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	1,69	11,32	0,006	3	4000	2,06	22,64	0,007	4	6000	2,58	33,96	0,009	5	8000	3,16	45,27	0,011	6	10000	3,56	56,59	0,012	7	12000	3,93	67,91	0,013	8	14000	4,40	79,23	0,015	9	16000	4,65	90,55	0,016	10	18000	5,00	101,87	0,017	11	20000	5,33	113,19	0,018	12	22000	5,54	124,50	0,019	13	24000	5,96	135,82	0,020	14	26000	6,13	147,14	0,021	15	28000	6,33	158,46	0,022	16	30000	6,45	169,78	0,022	17	32000	6,72	181,10	0,023	18	33284	6,94	188,36	0,024	19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	EU																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	1,69	11,32	0,006																																																																																																																																																															
3	4000	2,06	22,64	0,007																																																																																																																																																															
4	6000	2,58	33,96	0,009																																																																																																																																																															
5	8000	3,16	45,27	0,011																																																																																																																																																															
6	10000	3,56	56,59	0,012																																																																																																																																																															
7	12000	3,93	67,91	0,013																																																																																																																																																															
8	14000	4,40	79,23	0,015																																																																																																																																																															
9	16000	4,65	90,55	0,016																																																																																																																																																															
10	18000	5,00	101,87	0,017																																																																																																																																																															
11	20000	5,33	113,19	0,018																																																																																																																																																															
12	22000	5,54	124,50	0,019																																																																																																																																																															
13	24000	5,96	135,82	0,020																																																																																																																																																															
14	26000	6,13	147,14	0,021																																																																																																																																																															
15	28000	6,33	158,46	0,022																																																																																																																																																															
16	30000	6,45	169,78	0,022																																																																																																																																																															
17	32000	6,72	181,10	0,023																																																																																																																																																															
18	33284	6,94	188,36	0,024																																																																																																																																																															
19																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																			
21																																																																																																																																																																			
22																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vasquez Ramirez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 73.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 6 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TEMA:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 6	DIAMETRO:	15,0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	03/04/2025	RADIO:	7,5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176,7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1,88</td><td>11,32</td><td>0,006</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>2,50</td><td>22,64</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>3,07</td><td>33,96</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3,50</td><td>45,27</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>4,09</td><td>56,59</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>4,55</td><td>67,91</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4,92</td><td>79,23</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>5,30</td><td>90,55</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5,65</td><td>101,87</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,95</td><td>113,19</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>6,25</td><td>124,50</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>6,50</td><td>135,82</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,73</td><td>147,14</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,95</td><td>158,46</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>7,15</td><td>169,78</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>7,35</td><td>181,10</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>18</td><td>34000</td><td>7,52</td><td>192,42</td><td>0,026</td></tr> <tr><td>19</td><td>36000</td><td>7,70</td><td>203,74</td><td>0,026</td></tr> <tr><td>20</td><td>38000</td><td>7,85</td><td>215,05</td><td>0,027</td></tr> <tr><td>21</td><td>40000</td><td>7,98</td><td>226,37</td><td>0,027</td></tr> <tr><td>22</td><td>42000</td><td>8,10</td><td>237,69</td><td>0,028</td></tr> <tr><td>23</td><td>43282</td><td>8,21</td><td>256,26</td><td>0,028</td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	1,88	11,32	0,006	3	4000	2,50	22,64	0,008	4	6000	3,07	33,96	0,010	5	8000	3,50	45,27	0,012	6	10000	4,09	56,59	0,014	7	12000	4,55	67,91	0,015	8	14000	4,92	79,23	0,017	9	16000	5,30	90,55	0,018	10	18000	5,65	101,87	0,019	11	20000	5,95	113,19	0,020	12	22000	6,25	124,50	0,021	13	24000	6,50	135,82	0,022	14	26000	6,73	147,14	0,023	15	28000	6,95	158,46	0,024	16	30000	7,15	169,78	0,024	17	32000	7,35	181,10	0,025	18	34000	7,52	192,42	0,026	19	36000	7,70	203,74	0,026	20	38000	7,85	215,05	0,027	21	40000	7,98	226,37	0,027	22	42000	8,10	237,69	0,028	23	43282	8,21	256,26	0,028	24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	1,88	11,32	0,006																																																																																																																																																															
3	4000	2,50	22,64	0,008																																																																																																																																																															
4	6000	3,07	33,96	0,010																																																																																																																																																															
5	8000	3,50	45,27	0,012																																																																																																																																																															
6	10000	4,09	56,59	0,014																																																																																																																																																															
7	12000	4,55	67,91	0,015																																																																																																																																																															
8	14000	4,92	79,23	0,017																																																																																																																																																															
9	16000	5,30	90,55	0,018																																																																																																																																																															
10	18000	5,65	101,87	0,019																																																																																																																																																															
11	20000	5,95	113,19	0,020																																																																																																																																																															
12	22000	6,25	124,50	0,021																																																																																																																																																															
13	24000	6,50	135,82	0,022																																																																																																																																																															
14	26000	6,73	147,14	0,023																																																																																																																																																															
15	28000	6,95	158,46	0,024																																																																																																																																																															
16	30000	7,15	169,78	0,024																																																																																																																																																															
17	32000	7,35	181,10	0,025																																																																																																																																																															
18	34000	7,52	192,42	0,026																																																																																																																																																															
19	36000	7,70	203,74	0,026																																																																																																																																																															
20	38000	7,85	215,05	0,027																																																																																																																																																															
21	40000	7,98	226,37	0,027																																																																																																																																																															
22	42000	8,10	237,69	0,028																																																																																																																																																															
23	43282	8,21	256,26	0,028																																																																																																																																																															
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
																																																																																																																																																																			
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: ING. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 74.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 5 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOKOLO																																																																																																																																																																			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....																																																																																																																																																																	
NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 5	DIAMETRO:	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACIÓN:	05-04-2025	RADIO:	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	03-05-2025	ÁREA SECCIÓN:	176.7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>2,55</td><td>11,32</td><td>0,009</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>3,12</td><td>22,64</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>3,63</td><td>33,96</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>4,06</td><td>45,27</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>4,49</td><td>56,59</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>4,90</td><td>67,91</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>5,25</td><td>79,23</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>5,57</td><td>90,55</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5,85</td><td>101,87</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>6,12</td><td>113,19</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>6,37</td><td>124,50</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>6,63</td><td>135,82</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,85</td><td>147,14</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>7,03</td><td>158,46</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>7,20</td><td>169,78</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>7,35</td><td>181,10</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>18</td><td>34000</td><td>7,53</td><td>192,42</td><td>0,026</td></tr> <tr><td>19</td><td>36000</td><td>7,65</td><td>203,74</td><td>0,026</td></tr> <tr><td>20</td><td>38000</td><td>7,77</td><td>215,05</td><td>0,027</td></tr> <tr><td>21</td><td>40000</td><td>7,89</td><td>226,37</td><td>0,027</td></tr> <tr><td>22</td><td>42000</td><td>8,03</td><td>237,69</td><td>0,027</td></tr> <tr><td>23</td><td>44019</td><td>8,11</td><td>249,12</td><td>0,028</td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	2,55	11,32	0,009	3	4000	3,12	22,64	0,010	4	6000	3,63	33,96	0,012	5	8000	4,06	45,27	0,014	6	10000	4,49	56,59	0,015	7	12000	4,90	67,91	0,017	8	14000	5,25	79,23	0,018	9	16000	5,57	90,55	0,019	10	18000	5,85	101,87	0,020	11	20000	6,12	113,19	0,021	12	22000	6,37	124,50	0,022	13	24000	6,63	135,82	0,023	14	26000	6,85	147,14	0,023	15	28000	7,03	158,46	0,024	16	30000	7,20	169,78	0,025	17	32000	7,35	181,10	0,025	18	34000	7,53	192,42	0,026	19	36000	7,65	203,74	0,026	20	38000	7,77	215,05	0,027	21	40000	7,89	226,37	0,027	22	42000	8,03	237,69	0,027	23	44019	8,11	249,12	0,028	24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	2,55	11,32	0,009																																																																																																																																																															
3	4000	3,12	22,64	0,010																																																																																																																																																															
4	6000	3,63	33,96	0,012																																																																																																																																																															
5	8000	4,06	45,27	0,014																																																																																																																																																															
6	10000	4,49	56,59	0,015																																																																																																																																																															
7	12000	4,90	67,91	0,017																																																																																																																																																															
8	14000	5,25	79,23	0,018																																																																																																																																																															
9	16000	5,57	90,55	0,019																																																																																																																																																															
10	18000	5,85	101,87	0,020																																																																																																																																																															
11	20000	6,12	113,19	0,021																																																																																																																																																															
12	22000	6,37	124,50	0,022																																																																																																																																																															
13	24000	6,63	135,82	0,023																																																																																																																																																															
14	26000	6,85	147,14	0,023																																																																																																																																																															
15	28000	7,03	158,46	0,024																																																																																																																																																															
16	30000	7,20	169,78	0,025																																																																																																																																																															
17	32000	7,35	181,10	0,025																																																																																																																																																															
18	34000	7,53	192,42	0,026																																																																																																																																																															
19	36000	7,65	203,74	0,026																																																																																																																																																															
20	38000	7,77	215,05	0,027																																																																																																																																																															
21	40000	7,89	226,37	0,027																																																																																																																																																															
22	42000	8,03	237,69	0,027																																																																																																																																																															
23	44019	8,11	249,12	0,028																																																																																																																																																															
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
<p>CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN</p>																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 75.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 4 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																	
NORMA:	NTP 599.034																																																																																																																																																																		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 4	DIÁMETRO	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176.7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	28 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1,82</td><td>11,32</td><td>0,006</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>2,39</td><td>22,64</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>2,95</td><td>33,96</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3,43</td><td>45,27</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3,87</td><td>56,59</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>4,25</td><td>67,91</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4,63</td><td>79,23</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>5,09</td><td>90,55</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5,31</td><td>101,87</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,55</td><td>113,19</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5,85</td><td>124,50</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>6,11</td><td>135,82</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,31</td><td>147,14</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,51</td><td>158,46</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,72</td><td>169,78</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,90</td><td>181,10</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>18</td><td>34000</td><td>7,05</td><td>192,42</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>19</td><td>36000</td><td>7,17</td><td>203,74</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>20</td><td>38000</td><td>7,32</td><td>215,05</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>21</td><td>40000</td><td>7,45</td><td>226,37</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>22</td><td>42000</td><td>7,55</td><td>237,69</td><td>0,026</td></tr> <tr><td>23</td><td>43881</td><td>7,65</td><td>248,34</td><td>0,026</td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	1,82	11,32	0,006	3	4000	2,39	22,64	0,008	4	6000	2,95	33,96	0,010	5	8000	3,43	45,27	0,012	6	10000	3,87	56,59	0,013	7	12000	4,25	67,91	0,014	8	14000	4,63	79,23	0,016	9	16000	5,09	90,55	0,017	10	18000	5,31	101,87	0,018	11	20000	5,55	113,19	0,019	12	22000	5,85	124,50	0,020	13	24000	6,11	135,82	0,021	14	26000	6,31	147,14	0,021	15	28000	6,51	158,46	0,022	16	30000	6,72	169,78	0,023	17	32000	6,90	181,10	0,024	18	34000	7,05	192,42	0,024	19	36000	7,17	203,74	0,024	20	38000	7,32	215,05	0,025	21	40000	7,45	226,37	0,025	22	42000	7,55	237,69	0,026	23	43881	7,65	248,34	0,026	24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	1,82	11,32	0,006																																																																																																																																																															
3	4000	2,39	22,64	0,008																																																																																																																																																															
4	6000	2,95	33,96	0,010																																																																																																																																																															
5	8000	3,43	45,27	0,012																																																																																																																																																															
6	10000	3,87	56,59	0,013																																																																																																																																																															
7	12000	4,25	67,91	0,014																																																																																																																																																															
8	14000	4,63	79,23	0,016																																																																																																																																																															
9	16000	5,09	90,55	0,017																																																																																																																																																															
10	18000	5,31	101,87	0,018																																																																																																																																																															
11	20000	5,55	113,19	0,019																																																																																																																																																															
12	22000	5,85	124,50	0,020																																																																																																																																																															
13	24000	6,11	135,82	0,021																																																																																																																																																															
14	26000	6,31	147,14	0,021																																																																																																																																																															
15	28000	6,51	158,46	0,022																																																																																																																																																															
16	30000	6,72	169,78	0,023																																																																																																																																																															
17	32000	6,90	181,10	0,024																																																																																																																																																															
18	34000	7,05	192,42	0,024																																																																																																																																																															
19	36000	7,17	203,74	0,024																																																																																																																																																															
20	38000	7,32	215,05	0,025																																																																																																																																																															
21	40000	7,45	226,37	0,025																																																																																																																																																															
22	42000	7,55	237,69	0,026																																																																																																																																																															
23	43881	7,65	248,34	0,026																																																																																																																																																															
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 76.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 3 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....
	NORMA:	NTP 399.034	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 3	DIAMETRO:	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176.7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	50.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	2.00	11.32	0.007
3	4000	2.57	22.64	0.009
4	6000	3.15	33.96	0.011
5	8000	3.65	45.27	0.012
6	10000	4.14	56.59	0.014
7	12000	4.56	67.91	0.015
8	14000	4.93	79.23	0.017
9	16000	5.32	90.55	0.018
10	18000	5.65	101.87	0.019
11	20000	5.95	113.19	0.020
12	22000	6.25	124.50	0.021
13	24000	6.45	135.82	0.022
14	26000	6.70	147.14	0.023
15	28000	6.92	158.46	0.024
16	30000	7.13	169.78	0.024
17	32000	7.31	181.10	0.025
18	34000	7.45	192.42	0.025
19	36000	7.65	203.74	0.026
20	38000	7.77	215.05	0.027
21	40000	7.90	226.37	0.027
22	42000	8.03	237.69	0.027
23	44000	8.11	249.11	0.028
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				


CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

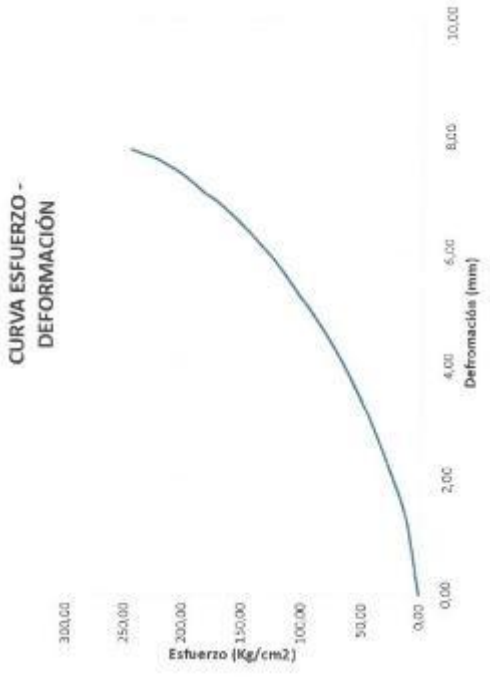
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 77.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 2 - 28 días




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....
	NORMA:	NTP 399.034	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 2	DIAMETRO	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176,70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

Nº	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,33	11,32	0,004
3	4000	2,01	22,64	0,007
4	6000	2,59	33,96	0,009
5	8000	3,13	45,27	0,011
6	10000	3,63	56,59	0,012
7	12000	4,08	67,91	0,014
8	14000	4,47	79,23	0,015
9	16000	4,86	90,55	0,016
10	18000	5,21	101,87	0,018
11	20000	5,55	113,19	0,019
12	22000	5,85	124,50	0,020
13	24000	6,12	135,82	0,021
14	26000	6,37	147,14	0,022
15	28000	6,49	158,46	0,022
16	30000	6,81	169,78	0,023
17	32000	6,98	181,10	0,024
18	34000	7,17	192,42	0,024
19	36000	7,35	203,74	0,025
20	38000	7,49	215,05	0,026
21	40000	7,61	226,37	0,026
22	43527	7,75	246,33	0,027
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				




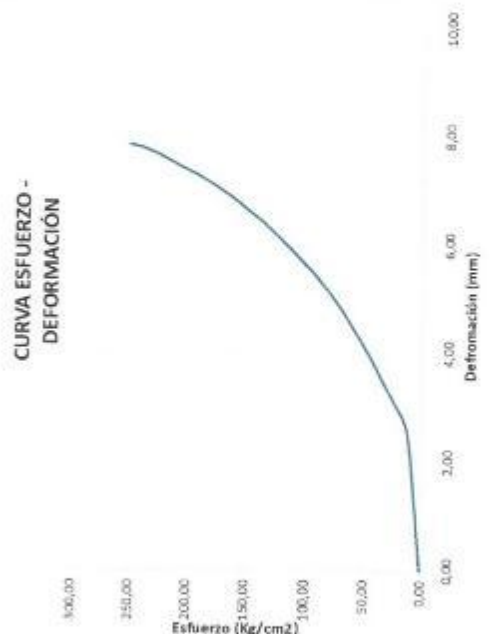

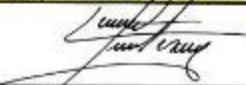

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 78.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.10% de adición de grafeno 1 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESTIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15% EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.1% 1	DIAMETRO	15,0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7,5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176,70 cm ²																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>2,89</td><td>11,32</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>3,05</td><td>22,64</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>3,39</td><td>33,96</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3,95</td><td>45,27</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>4,35</td><td>56,59</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>4,75</td><td>67,91</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>5,09</td><td>79,23</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>5,40</td><td>90,55</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5,68</td><td>101,87</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,95</td><td>113,19</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>6,19</td><td>124,50</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>6,43</td><td>135,82</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,61</td><td>147,14</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,81</td><td>158,46</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,99</td><td>169,78</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>7,15</td><td>181,10</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>18</td><td>34000</td><td>7,30</td><td>192,42</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>19</td><td>36000</td><td>7,42</td><td>203,74</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>20</td><td>38000</td><td>7,55</td><td>215,05</td><td>0,026</td></tr> <tr><td>21</td><td>40000</td><td>7,67</td><td>226,37</td><td>0,026</td></tr> <tr><td>22</td><td>42000</td><td>7,78</td><td>237,69</td><td>0,027</td></tr> <tr><td>23</td><td>44253</td><td>7,85</td><td>250,44</td><td>0,027</td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	2,89	11,32	0,008	3	4000	3,05	22,64	0,010	4	6000	3,39	33,96	0,012	5	8000	3,95	45,27	0,013	6	10000	4,35	56,59	0,015	7	12000	4,75	67,91	0,016	8	14000	5,09	79,23	0,017	9	16000	5,40	90,55	0,018	10	18000	5,68	101,87	0,019	11	20000	5,95	113,19	0,020	12	22000	6,19	124,50	0,021	13	24000	6,43	135,82	0,022	14	26000	6,61	147,14	0,023	15	28000	6,81	158,46	0,023	16	30000	6,99	169,78	0,024	17	32000	7,15	181,10	0,024	18	34000	7,30	192,42	0,025	19	36000	7,42	203,74	0,025	20	38000	7,55	215,05	0,026	21	40000	7,67	226,37	0,026	22	42000	7,78	237,69	0,027	23	44253	7,85	250,44	0,027	24					25					26					27					28					29					30					31						
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	2,89	11,32	0,008																																																																																																																																																															
3	4000	3,05	22,64	0,010																																																																																																																																																															
4	6000	3,39	33,96	0,012																																																																																																																																																															
5	8000	3,95	45,27	0,013																																																																																																																																																															
6	10000	4,35	56,59	0,015																																																																																																																																																															
7	12000	4,75	67,91	0,016																																																																																																																																																															
8	14000	5,09	79,23	0,017																																																																																																																																																															
9	16000	5,40	90,55	0,018																																																																																																																																																															
10	18000	5,68	101,87	0,019																																																																																																																																																															
11	20000	5,95	113,19	0,020																																																																																																																																																															
12	22000	6,19	124,50	0,021																																																																																																																																																															
13	24000	6,43	135,82	0,022																																																																																																																																																															
14	26000	6,61	147,14	0,023																																																																																																																																																															
15	28000	6,81	158,46	0,023																																																																																																																																																															
16	30000	6,99	169,78	0,024																																																																																																																																																															
17	32000	7,15	181,10	0,024																																																																																																																																																															
18	34000	7,30	192,42	0,025																																																																																																																																																															
19	36000	7,42	203,74	0,025																																																																																																																																																															
20	38000	7,55	215,05	0,026																																																																																																																																																															
21	40000	7,67	226,37	0,026																																																																																																																																																															
22	42000	7,78	237,69	0,027																																																																																																																																																															
23	44253	7,85	250,44	0,027																																																																																																																																																															
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
																																																																																																																																																																			
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 79.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 6 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....	
NORMA:	NTP 399.034		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 6	DIAMETRO	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCIÓN:	176,7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,10	11,32	0,004
3	4000	1,70	22,64	0,006
4	6000	2,20	33,96	0,007
5	8000	2,69	45,27	0,009
6	10000	2,96	56,59	0,010
7	12000	3,38	67,91	0,011
8	14000	3,80	79,23	0,013
9	16000	4,16	90,55	0,014
10	18000	4,59	101,87	0,016
11	20000	5,03	113,19	0,017
12	22000	5,36	124,50	0,018
13	24000	5,65	135,82	0,019
14	26000	5,79	147,14	0,020
15	28000	5,99	158,46	0,020
16	30000	6,26	169,78	0,021
17	32000	6,57	181,10	0,022
18	33087	6,57	187,25	0,022
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 24/04/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 80.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 5 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-LPNC:.....
	NORMA:	NTP 399.034	
	TESIS:	“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025”	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15%_5	DIAMETRO	15.0 cm
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176.7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	1.13	11.32	0.004
3	4000	1.52	22.64	0.005
4	6000	1.98	33.96	0.007
5	8000	2.36	45.27	0.008
6	10000	2.93	56.59	0.010
7	12000	3.42	67.91	0.012
8	14000	3.70	79.23	0.012
9	16000	4.22	90.55	0.014
10	18000	4.60	101.87	0.016
11	20000	4.82	113.19	0.016
12	22000	5.13	124.50	0.017
13	24000	5.39	135.82	0.018
14	26000	5.62	147.14	0.019
15	28000	6.02	158.46	0.020
16	30000	6.19	169.78	0.021
17	32000	6.39	181.10	0.022
18	32994	6.47	186.72	0.022
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay FECHA: 12/05/2025	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán FECHA: 12/05/2025	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez FECHA: 12/05/2025


Anexo 81.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 4 - 7 días

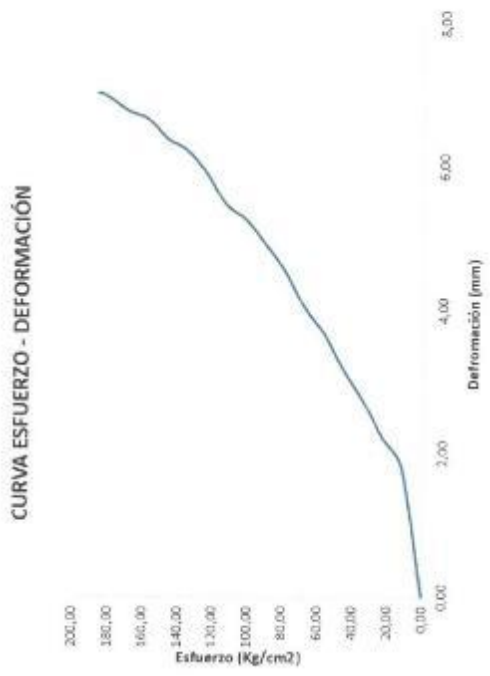
LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 4	DIAMETRO	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	ÁREA SECCION:	176,7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	7 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>0,90</td><td>11,32</td><td>0,003</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>1,30</td><td>22,64</td><td>0,004</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>1,60</td><td>33,96</td><td>0,005</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>2,10</td><td>45,27</td><td>0,007</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>2,54</td><td>56,59</td><td>0,009</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>3,03</td><td>67,91</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>3,45</td><td>79,23</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>3,82</td><td>90,55</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>4,18</td><td>101,87</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>4,54</td><td>113,19</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5,01</td><td>124,50</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>5,22</td><td>135,82</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>5,51</td><td>147,14</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>5,85</td><td>158,46</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,01</td><td>169,78</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,19</td><td>181,10</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>18</td><td>33278</td><td>6,30</td><td>188,33</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	0,90	11,32	0,003	3	4000	1,30	22,64	0,004	4	6000	1,60	33,96	0,005	5	8000	2,10	45,27	0,007	6	10000	2,54	56,59	0,009	7	12000	3,03	67,91	0,010	8	14000	3,45	79,23	0,012	9	16000	3,82	90,55	0,013	10	18000	4,18	101,87	0,014	11	20000	4,54	113,19	0,015	12	22000	5,01	124,50	0,017	13	24000	5,22	135,82	0,018	14	26000	5,51	147,14	0,019	15	28000	5,85	158,46	0,020	16	30000	6,01	169,78	0,020	17	32000	6,19	181,10	0,021	18	33278	6,30	188,33	0,021	19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31						
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	0,90	11,32	0,003																																																																																																																																																															
3	4000	1,30	22,64	0,004																																																																																																																																																															
4	6000	1,60	33,96	0,005																																																																																																																																																															
5	8000	2,10	45,27	0,007																																																																																																																																																															
6	10000	2,54	56,59	0,009																																																																																																																																																															
7	12000	3,03	67,91	0,010																																																																																																																																																															
8	14000	3,45	79,23	0,012																																																																																																																																																															
9	16000	3,82	90,55	0,013																																																																																																																																																															
10	18000	4,18	101,87	0,014																																																																																																																																																															
11	20000	4,54	113,19	0,015																																																																																																																																																															
12	22000	5,01	124,50	0,017																																																																																																																																																															
13	24000	5,22	135,82	0,018																																																																																																																																																															
14	26000	5,51	147,14	0,019																																																																																																																																																															
15	28000	5,85	158,46	0,020																																																																																																																																																															
16	30000	6,01	169,78	0,020																																																																																																																																																															
17	32000	6,19	181,10	0,021																																																																																																																																																															
18	33278	6,30	188,33	0,021																																																																																																																																																															
19																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																			
21																																																																																																																																																																			
22																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 82.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 3 - 7 días

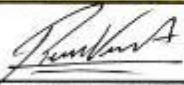
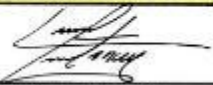

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....
	NORMA:	NTP 399.034	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 3	DIAMETRO	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176.7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Hach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,79	11,52	0,006
3	4000	2,21	22,64	0,007
4	6000	2,73	33,96	0,009
5	8000	3,16	45,27	0,011
6	10000	3,67	56,59	0,012
7	12000	4,04	67,91	0,014
8	14000	4,55	79,23	0,015
9	16000	4,82	90,55	0,017
10	18000	5,26	101,87	0,018
11	20000	5,47	113,19	0,019
12	22000	5,91	124,50	0,020
13	24000	6,23	135,82	0,021
14	26000	6,39	147,14	0,022
15	28000	6,67	158,46	0,023
16	30000	6,78	169,78	0,023
17	32000	6,97	181,10	0,024
18	33012	7,03	186,83	0,024
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				



CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
		
NOMBRE: Hach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vasquez Ramirez
FECHA: 12-05-2025	FECHA: 12-05-2025	FECHA: 12-05-2025

Anexo 83.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 2 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	NTP 899.034		RCBC-IC-UPNC:.....	
TRISIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"			
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 2	DIAMETRO	15.0 cm	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	AREA SECCION:	176.70 cm ²	
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm	
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán	

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,22	11,32	0,004
3	4000	1,63	22,64	0,005
4	6000	2,34	33,96	0,008
5	8000	2,79	45,27	0,009
6	10000	3,32	56,59	0,011
7	12000	3,64	67,91	0,012
8	14000	4,12	79,23	0,014
9	16000	4,90	90,55	0,015
10	18000	4,82	101,87	0,016
11	20000	5,20	113,19	0,018
12	22000	5,64	124,50	0,019
13	24000	5,92	135,82	0,020
14	26000	6,19	147,14	0,021
15	28000	6,39	158,46	0,022
16	30000	6,62	169,78	0,023
17	32804	6,87	185,65	0,023
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 84.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 1 - 7 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....
	NORMA:	NTP 399.034	
	TESIS:	“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025”	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 1	DIÁMETRO:	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	12/04/2025	ÁREA SECCION:	176.70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	7 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Tesón

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	1.15	11.32	0.004
3	4000	1.58	22.64	0.005
4	6000	2.11	33.96	0.007
5	8000	2.66	45.27	0.009
6	10000	3.12	56.59	0.010
7	12000	3.44	67.91	0.012
8	14000	3.80	79.23	0.013
9	16000	4.30	90.55	0.015
10	18000	4.64	101.87	0.016
11	20000	5.00	113.19	0.017
12	22000	5.31	124.50	0.018
13	24000	5.57	135.82	0.019
14	26000	5.75	147.14	0.020
15	28000	6.06	158.46	0.021
16	30000	6.21	169.78	0.021
17	32000	6.45	181.10	0.022
18	33211	6.55	187.95	0.022
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

Deformación (mm)

Esfuerzo (Kg/cm²)

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Tesón	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Viquez Ramirez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 85.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 6 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 6	DIAMETRO	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176.7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1,21</td><td>11,32</td><td>0,004</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>1,72</td><td>22,64</td><td>0,006</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>2,28</td><td>33,96</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>2,86</td><td>45,27</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3,26</td><td>56,59</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>3,85</td><td>67,91</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4,36</td><td>79,23</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4,72</td><td>90,55</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5,14</td><td>101,87</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,40</td><td>113,19</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5,80</td><td>124,50</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>6,20</td><td>135,82</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,40</td><td>147,14</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,60</td><td>158,46</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,70</td><td>169,78</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,80</td><td>181,10</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>18</td><td>34007</td><td>6,85</td><td>192,46</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	1,21	11,32	0,004	3	4000	1,72	22,64	0,006	4	6000	2,28	33,96	0,008	5	8000	2,86	45,27	0,010	6	10000	3,26	56,59	0,011	7	12000	3,85	67,91	0,013	8	14000	4,36	79,23	0,015	9	16000	4,72	90,55	0,016	10	18000	5,14	101,87	0,017	11	20000	5,40	113,19	0,018	12	22000	5,80	124,50	0,020	13	24000	6,20	135,82	0,021	14	26000	6,40	147,14	0,022	15	28000	6,60	158,46	0,022	16	30000	6,70	169,78	0,023	17	32000	6,80	181,10	0,023	18	34007	6,85	192,46	0,023	19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	1,21	11,32	0,004																																																																																																																																																															
3	4000	1,72	22,64	0,006																																																																																																																																																															
4	6000	2,28	33,96	0,008																																																																																																																																																															
5	8000	2,86	45,27	0,010																																																																																																																																																															
6	10000	3,26	56,59	0,011																																																																																																																																																															
7	12000	3,85	67,91	0,013																																																																																																																																																															
8	14000	4,36	79,23	0,015																																																																																																																																																															
9	16000	4,72	90,55	0,016																																																																																																																																																															
10	18000	5,14	101,87	0,017																																																																																																																																																															
11	20000	5,40	113,19	0,018																																																																																																																																																															
12	22000	5,80	124,50	0,020																																																																																																																																																															
13	24000	6,20	135,82	0,021																																																																																																																																																															
14	26000	6,40	147,14	0,022																																																																																																																																																															
15	28000	6,60	158,46	0,022																																																																																																																																																															
16	30000	6,70	169,78	0,023																																																																																																																																																															
17	32000	6,80	181,10	0,023																																																																																																																																																															
18	34007	6,85	192,46	0,023																																																																																																																																																															
19																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																			
21																																																																																																																																																																			
22																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramirez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 86.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 5 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....																																																																																																																																																																	
NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 5	DIAMETRO	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176,7 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>2,02</td><td>11,32</td><td>0,007</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>2,48</td><td>22,64</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>2,85</td><td>33,96</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3,33</td><td>45,27</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3,75</td><td>56,59</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>4,00</td><td>67,91</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4,30</td><td>79,23</td><td>0,015</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4,60</td><td>90,55</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>4,90</td><td>101,87</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,20</td><td>113,19</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5,40</td><td>124,50</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>5,60</td><td>135,82</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>5,85</td><td>147,14</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>5,95</td><td>158,46</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,10</td><td>169,78</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,15</td><td>181,10</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>18</td><td>33924</td><td>6,18</td><td>191,99</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	2,02	11,32	0,007	3	4000	2,48	22,64	0,008	4	6000	2,85	33,96	0,010	5	8000	3,33	45,27	0,011	6	10000	3,75	56,59	0,013	7	12000	4,00	67,91	0,014	8	14000	4,30	79,23	0,015	9	16000	4,60	90,55	0,016	10	18000	4,90	101,87	0,017	11	20000	5,20	113,19	0,018	12	22000	5,40	124,50	0,018	13	24000	5,60	135,82	0,019	14	26000	5,85	147,14	0,020	15	28000	5,95	158,46	0,020	16	30000	6,10	169,78	0,021	17	32000	6,15	181,10	0,021	18	33924	6,18	191,99	0,021	19					20					21					22					23					24					25					26					27					28					29					30					31						
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	2,02	11,32	0,007																																																																																																																																																															
3	4000	2,48	22,64	0,008																																																																																																																																																															
4	6000	2,85	33,96	0,010																																																																																																																																																															
5	8000	3,33	45,27	0,011																																																																																																																																																															
6	10000	3,75	56,59	0,013																																																																																																																																																															
7	12000	4,00	67,91	0,014																																																																																																																																																															
8	14000	4,30	79,23	0,015																																																																																																																																																															
9	16000	4,60	90,55	0,016																																																																																																																																																															
10	18000	4,90	101,87	0,017																																																																																																																																																															
11	20000	5,20	113,19	0,018																																																																																																																																																															
12	22000	5,40	124,50	0,018																																																																																																																																																															
13	24000	5,60	135,82	0,019																																																																																																																																																															
14	26000	5,85	147,14	0,020																																																																																																																																																															
15	28000	5,95	158,46	0,020																																																																																																																																																															
16	30000	6,10	169,78	0,021																																																																																																																																																															
17	32000	6,15	181,10	0,021																																																																																																																																																															
18	33924	6,18	191,99	0,021																																																																																																																																																															
19																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																			
21																																																																																																																																																																			
22																																																																																																																																																																			
23																																																																																																																																																																			
24																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. M. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																

Anexo 87.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 4 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....
	NORMA:	NTP 399.034	
	TESIS:	“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025”	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 4	DIAMETRO	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176.7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	1.12	11.32	0.004
3	4000	1.79	22.64	0.006
4	6000	2.22	33.96	0.007
5	8000	2.74	45.27	0.009
6	10000	3.32	56.59	0.011
7	12000	3.56	67.91	0.012
8	14000	4.03	79.23	0.014
9	16000	4.40	90.55	0.015
10	18000	4.83	101.87	0.016
11	20000	5.14	113.19	0.017
12	22000	5.42	124.50	0.018
13	24000	5.80	135.82	0.020
14	26000	6.00	147.14	0.020
15	28000	6.30	158.46	0.021
16	30000	6.40	169.78	0.022
17	32000	6.45	181.10	0.022
18	34118	6.50	193.08	0.022
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 88.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 3 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC.....
	NORMA:	NTP 399.034	
	TESIS:	“MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15% EN CAJAMARCA 2025”	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 3	DIAMETRO	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176.7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	eu
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	0,90	11,32	0,003
3	4000	1,21	22,64	0,004
4	6000	1,82	33,96	0,006
5	8000	2,42	45,27	0,008
6	10000	2,83	56,59	0,010
7	12000	3,36	67,91	0,011
8	14000	3,95	79,23	0,013
9	16000	4,35	90,55	0,015
10	18000	4,74	101,87	0,016
11	20000	5,10	113,19	0,017
12	22000	5,49	124,50	0,019
13	24000	5,80	135,82	0,020
14	26000	6,15	147,14	0,021
15	28000	6,43	158,46	0,022
16	30000	6,75	169,78	0,023
17	32000	6,96	181,10	0,024
18	34516	7,13	195,34	0,024
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: ING. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 89.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 2 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	NTP.399.034	RCBC-LC-UPNC:	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 2	DIÁMETRO	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	ÁREA SECCIÓN:	176,70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	14 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	50,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,25	11,32	0,004
3	4000	1,77	22,64	0,006
4	6000	2,30	33,96	0,008
5	8000	2,75	45,27	0,009
6	10000	3,33	56,59	0,011
7	12000	3,88	67,91	0,013
8	14000	4,32	79,23	0,015
9	16000	4,73	90,55	0,016
10	18000	5,09	101,87	0,017
11	20000	5,43	113,19	0,018
12	22000	5,64	124,50	0,019
13	24000	6,09	135,82	0,021
14	26000	6,32	147,14	0,022
15	28000	6,65	158,46	0,023
16	30000	6,76	169,78	0,023
17	32000	6,75	181,10	0,023
18	34121	6,78	193,10	0,023
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramirez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 90.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 1 - 14 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....	
NORMA:	NTP 399.034		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15% EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 1	DIAMETRO	15,0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7,5 cm
FECHA DE ENSAYO:	19/04/2025	AREA SECCION:	176,70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	14 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30,0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,02	11,32	0,003
3	4000	1,55	22,64	0,005
4	6000	2,04	33,96	0,007
5	8000	2,57	45,27	0,009
6	10000	2,96	56,59	0,010
7	12000	3,44	67,91	0,012
8	14000	3,74	79,23	0,013
9	16000	4,06	90,55	0,014
10	18000	4,45	101,87	0,015
11	20000	4,83	113,19	0,016
12	22000	5,07	124,50	0,017
13	24000	5,43	135,82	0,018
14	26000	5,59	147,14	0,019
15	28000	5,95	158,46	0,020
16	30000	6,06	169,78	0,021
17	32000	6,32	181,10	0,022
18	33896	6,37	191,83	0,022
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				


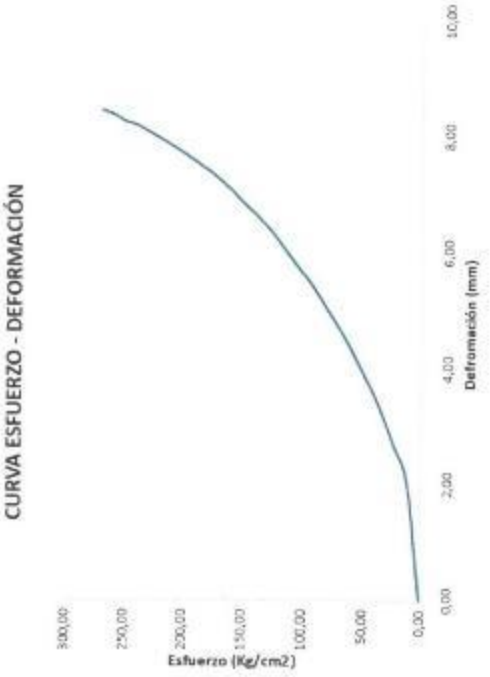
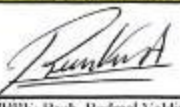
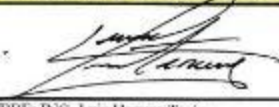
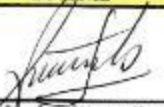
CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vasquez Ramirez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 91.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 6 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 6	DIAMETRO:	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176.7 cm																																																																																																																																																																
		ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>2,05</td><td>11,32</td><td>0,007</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>2,65</td><td>22,64</td><td>0,009</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>3,23</td><td>33,96</td><td>0,011</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3,73</td><td>45,27</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>4,21</td><td>56,59</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>4,65</td><td>67,91</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>5,03</td><td>79,23</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>5,41</td><td>90,55</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>5,73</td><td>101,87</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>6,05</td><td>113,19</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>6,35</td><td>124,50</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>6,60</td><td>135,82</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,82</td><td>147,14</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>7,05</td><td>158,46</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>7,27</td><td>169,78</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>7,45</td><td>181,10</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>18</td><td>34000</td><td>7,61</td><td>192,42</td><td>0,026</td></tr> <tr><td>19</td><td>36000</td><td>7,77</td><td>203,74</td><td>0,027</td></tr> <tr><td>20</td><td>38000</td><td>7,91</td><td>215,05</td><td>0,027</td></tr> <tr><td>21</td><td>40000</td><td>8,04</td><td>226,37</td><td>0,028</td></tr> <tr><td>22</td><td>42000</td><td>8,17</td><td>237,69</td><td>0,028</td></tr> <tr><td>23</td><td>44000</td><td>8,25</td><td>249,01</td><td>0,028</td></tr> <tr><td>24</td><td>46000</td><td>8,38</td><td>260,33</td><td>0,029</td></tr> <tr><td>25</td><td>47531</td><td>8,45</td><td>268,99</td><td>0,029</td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	2,05	11,32	0,007	3	4000	2,65	22,64	0,009	4	6000	3,23	33,96	0,011	5	8000	3,73	45,27	0,013	6	10000	4,21	56,59	0,014	7	12000	4,65	67,91	0,016	8	14000	5,03	79,23	0,017	9	16000	5,41	90,55	0,018	10	18000	5,73	101,87	0,019	11	20000	6,05	113,19	0,021	12	22000	6,35	124,50	0,022	13	24000	6,60	135,82	0,022	14	26000	6,82	147,14	0,023	15	28000	7,05	158,46	0,024	16	30000	7,27	169,78	0,025	17	32000	7,45	181,10	0,025	18	34000	7,61	192,42	0,026	19	36000	7,77	203,74	0,027	20	38000	7,91	215,05	0,027	21	40000	8,04	226,37	0,028	22	42000	8,17	237,69	0,028	23	44000	8,25	249,01	0,028	24	46000	8,38	260,33	0,029	25	47531	8,45	268,99	0,029	26					27					28					29					30					31					 <p style="text-align: center;">CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN</p>	
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	2,05	11,32	0,007																																																																																																																																																															
3	4000	2,65	22,64	0,009																																																																																																																																																															
4	6000	3,23	33,96	0,011																																																																																																																																																															
5	8000	3,73	45,27	0,013																																																																																																																																																															
6	10000	4,21	56,59	0,014																																																																																																																																																															
7	12000	4,65	67,91	0,016																																																																																																																																																															
8	14000	5,03	79,23	0,017																																																																																																																																																															
9	16000	5,41	90,55	0,018																																																																																																																																																															
10	18000	5,73	101,87	0,019																																																																																																																																																															
11	20000	6,05	113,19	0,021																																																																																																																																																															
12	22000	6,35	124,50	0,022																																																																																																																																																															
13	24000	6,60	135,82	0,022																																																																																																																																																															
14	26000	6,82	147,14	0,023																																																																																																																																																															
15	28000	7,05	158,46	0,024																																																																																																																																																															
16	30000	7,27	169,78	0,025																																																																																																																																																															
17	32000	7,45	181,10	0,025																																																																																																																																																															
18	34000	7,61	192,42	0,026																																																																																																																																																															
19	36000	7,77	203,74	0,027																																																																																																																																																															
20	38000	7,91	215,05	0,027																																																																																																																																																															
21	40000	8,04	226,37	0,028																																																																																																																																																															
22	42000	8,17	237,69	0,028																																																																																																																																																															
23	44000	8,25	249,01	0,028																																																																																																																																																															
24	46000	8,38	260,33	0,029																																																																																																																																																															
25	47531	8,45	268,99	0,029																																																																																																																																																															
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO																																																																																																																																																																	
																																																																																																																																																																			
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																	
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																	
DOCENTE																																																																																																																																																																			
																																																																																																																																																																			
NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vasquez Ramirez																																																																																																																																																																			
FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																			

Anexo 92.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 5 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
NORMA:	NTP 399.034		RCBC-LC-UPNC:.....	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"			
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 5	DIAMETRO	15.0 cm	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176.7 cm	
EDAD DE LA PROBETA:	28 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	50.0 cm	
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán	

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	2.04	11.32	0.007
3	4000	2.61	22.64	0.009
4	6000	3.15	33.96	0.011
5	8000	3.65	45.27	0.012
6	10000	4.12	56.59	0.014
7	12000	4.58	67.91	0.015
8	14000	4.95	79.23	0.017
9	16000	5.30	90.55	0.018
10	18000	5.65	101.87	0.019
11	20000	5.95	113.19	0.020
12	22000	6.21	124.50	0.021
13	24000	6.48	135.82	0.022
14	26000	6.73	147.14	0.023
15	28000	6.95	158.46	0.024
16	30000	7.15	169.78	0.024
17	32000	7.31	181.10	0.025
18	34000	7.47	192.42	0.026
19	36000	7.65	203.74	0.026
20	38000	7.77	215.05	0.027
21	40000	7.89	226.37	0.027
22	42000	8.01	237.69	0.027
23	44000	8.12	249.01	0.028
24	46000	8.25	260.33	0.028
25	47016	8.32	266.08	0.029
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DEL LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 93.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 4 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE				
PROTOCOLO				
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO			CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP 399.034			RCBC-LC-UPNC:.....
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"			
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 4	DIAMETRO:	15,0 cm	
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO:	7,5 cm	
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176,7 cm	
EDAD DE LA PROBETA:	28 DIAS	AL.TURA DE PROBETA:	30,0 cm	
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay	
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán	

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	0,80	11,32	0,003
3	4000	1,30	22,64	0,004
4	6000	1,95	33,96	0,007
5	8000	2,55	45,27	0,009
6	10000	3,15	56,59	0,011
7	12000	3,65	67,91	0,012
8	14000	4,15	79,23	0,014
9	16000	4,58	90,55	0,015
10	18000	4,95	101,87	0,017
11	20000	5,35	113,19	0,018
12	22000	5,67	124,50	0,019
13	24000	6,01	135,82	0,020
14	26000	6,29	147,14	0,021
15	28000	6,57	158,46	0,022
16	30000	6,81	169,78	0,023
17	32000	7,02	181,10	0,024
18	34000	7,21	192,42	0,025
19	36000	7,42	203,74	0,025
20	38000	7,59	215,05	0,026
21	40000	7,73	226,37	0,026
22	42000	7,89	237,69	0,027
23	44000	8,00	249,01	0,027
24	46582	8,12	263,62	0,028
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 94.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 3 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	NTP 399.034		RCBC-LC-UPNC
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM ² UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"		
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 3	DIAMETRO	15.0 cm
FECHA DE ELABORACIÓN:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	ÁREA SECCIÓN:	176.7 cm
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	50.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0,00	0,00	0,000
2	2000	1,87	11,32	0,006
3	4000	2,41	22,64	0,008
4	6000	2,91	33,96	0,010
5	8000	3,40	45,27	0,011
6	10000	3,81	56,59	0,013
7	12000	4,23	67,91	0,014
8	14000	4,56	79,23	0,015
9	16000	4,90	90,55	0,017
10	18000	5,18	101,87	0,018
11	20000	5,47	113,19	0,019
12	22000	5,73	124,50	0,019
13	24000	5,95	135,82	0,020
14	26000	6,20	147,14	0,021
15	28000	6,38	158,46	0,022
16	30000	6,57	169,78	0,022
17	32000	6,75	181,10	0,023
18	34000	6,87	192,42	0,023
19	36000	7,03	203,74	0,024
20	38000	7,13	215,05	0,024
21	40000	7,15	226,37	0,024
22	42000	7,18	237,69	0,025
23	44000	7,20	249,01	0,025
24	46109	7,22	260,95	0,025
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 95.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 2 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE			
PROTOCOLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....
	NORMA:	NTP 399.034	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 2	DIAMETRO	15.0 cm
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	AREA SECCION:	176.70 cm ²
EDAD DE LA PROBETA:	28 DIAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán

N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0.00	0.00	0.000
2	2000	1.39	11.32	0.005
3	4000	2.01	22.64	0.007
4	6000	2.55	33.96	0.009
5	8000	3.10	45.27	0.010
6	10000	3.55	56.59	0.012
7	12000	3.99	67.91	0.013
8	14000	4.38	79.23	0.015
9	16000	4.75	90.55	0.016
10	18000	5.12	101.87	0.017
11	20000	5.42	113.19	0.018
12	22000	5.70	124.50	0.019
13	24000	5.95	135.82	0.020
14	26000	6.21	147.14	0.021
15	28000	6.33	158.46	0.022
16	30000	6.61	169.78	0.023
17	32000	6.79	181.10	0.023
18	34000	6.97	192.42	0.024
19	36000	7.15	203.74	0.024
20	38000	7.29	215.05	0.025
21	40000	7.40	226.37	0.025
22	42000	7.51	237.69	0.026
23	44000	7.65	249.01	0.026
24	46000	7.72	260.33	0.026
25	46861	7.85	265.20	0.027
26				
27				
28				
29				
30				
31				

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay	NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez
FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025

Anexo 96.

Protocolo de resistencia a la compresión de probeta de concreto con 0.15% de adición de grafeno 1 - 28 días

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																																																																																																																																																																			
PROTOCOLO																																																																																																																																																																			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RCBC-LC-UPNC:.....																																																																																																																																																																
	NORMA:	NTP 399.034																																																																																																																																																																	
	TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 UTILIZANDO GRAFENO AL 0.05%, 0.1% Y 0.15%, EN CAJAMARCA 2025"																																																																																																																																																																	
ID DE PROBETA:	GRAFENO 0.15% 1	DIAMETRO	15.0 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ELABORACION:	05/04/2025	RADIO	7.5 cm																																																																																																																																																																
FECHA DE ENSAYO:	03/05/2025	ÁREA SECCIÓN:	176.70 cm ²																																																																																																																																																																
EDAD DE LA PROBETA:	28 DÍAS	ALTURA DE PROBETA:	30.0 cm																																																																																																																																																																
		RESPONSABLE:	Bach. Rodmel Valdivia Ayay																																																																																																																																																																
		REVISADO POR:	ING. Luis Herrera Terán																																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>Carga (kg)</th> <th>Deformación (mm)</th> <th>σ (kg/cm²)</th> <th>ϵ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,000</td></tr> <tr><td>2</td><td>2000</td><td>1,40</td><td>11,32</td><td>0,005</td></tr> <tr><td>3</td><td>4000</td><td>1,99</td><td>22,64</td><td>0,007</td></tr> <tr><td>4</td><td>6000</td><td>2,52</td><td>33,96</td><td>0,008</td></tr> <tr><td>5</td><td>8000</td><td>3,05</td><td>45,27</td><td>0,010</td></tr> <tr><td>6</td><td>10000</td><td>3,48</td><td>56,59</td><td>0,012</td></tr> <tr><td>7</td><td>12000</td><td>3,91</td><td>67,91</td><td>0,013</td></tr> <tr><td>8</td><td>14000</td><td>4,29</td><td>79,23</td><td>0,014</td></tr> <tr><td>9</td><td>16000</td><td>4,67</td><td>90,55</td><td>0,016</td></tr> <tr><td>10</td><td>18000</td><td>4,95</td><td>101,87</td><td>0,017</td></tr> <tr><td>11</td><td>20000</td><td>5,29</td><td>113,19</td><td>0,018</td></tr> <tr><td>12</td><td>22000</td><td>5,55</td><td>124,50</td><td>0,019</td></tr> <tr><td>13</td><td>24000</td><td>5,81</td><td>135,82</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>14</td><td>26000</td><td>6,03</td><td>147,14</td><td>0,020</td></tr> <tr><td>15</td><td>28000</td><td>6,25</td><td>158,46</td><td>0,021</td></tr> <tr><td>16</td><td>30000</td><td>6,42</td><td>169,78</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>17</td><td>32000</td><td>6,6</td><td>181,10</td><td>0,022</td></tr> <tr><td>18</td><td>34000</td><td>6,77</td><td>192,42</td><td>0,023</td></tr> <tr><td>19</td><td>36000</td><td>6,92</td><td>203,74</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>20</td><td>38000</td><td>7,05</td><td>215,05</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>21</td><td>40000</td><td>7,19</td><td>226,37</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>22</td><td>42000</td><td>7,31</td><td>237,69</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>23</td><td>44000</td><td>7,43</td><td>249,01</td><td>0,025</td></tr> <tr><td>24</td><td>46573</td><td>7,55</td><td>263,57</td><td>0,026</td></tr> <tr><td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ	1	0	0,00	0,00	0,000	2	2000	1,40	11,32	0,005	3	4000	1,99	22,64	0,007	4	6000	2,52	33,96	0,008	5	8000	3,05	45,27	0,010	6	10000	3,48	56,59	0,012	7	12000	3,91	67,91	0,013	8	14000	4,29	79,23	0,014	9	16000	4,67	90,55	0,016	10	18000	4,95	101,87	0,017	11	20000	5,29	113,19	0,018	12	22000	5,55	124,50	0,019	13	24000	5,81	135,82	0,020	14	26000	6,03	147,14	0,020	15	28000	6,25	158,46	0,021	16	30000	6,42	169,78	0,022	17	32000	6,6	181,10	0,022	18	34000	6,77	192,42	0,023	19	36000	6,92	203,74	0,024	20	38000	7,05	215,05	0,024	21	40000	7,19	226,37	0,025	22	42000	7,31	237,69	0,025	23	44000	7,43	249,01	0,025	24	46573	7,55	263,57	0,026	25					26					27					28					29					30					31				
N°	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ																																																																																																																																																															
1	0	0,00	0,00	0,000																																																																																																																																																															
2	2000	1,40	11,32	0,005																																																																																																																																																															
3	4000	1,99	22,64	0,007																																																																																																																																																															
4	6000	2,52	33,96	0,008																																																																																																																																																															
5	8000	3,05	45,27	0,010																																																																																																																																																															
6	10000	3,48	56,59	0,012																																																																																																																																																															
7	12000	3,91	67,91	0,013																																																																																																																																																															
8	14000	4,29	79,23	0,014																																																																																																																																																															
9	16000	4,67	90,55	0,016																																																																																																																																																															
10	18000	4,95	101,87	0,017																																																																																																																																																															
11	20000	5,29	113,19	0,018																																																																																																																																																															
12	22000	5,55	124,50	0,019																																																																																																																																																															
13	24000	5,81	135,82	0,020																																																																																																																																																															
14	26000	6,03	147,14	0,020																																																																																																																																																															
15	28000	6,25	158,46	0,021																																																																																																																																																															
16	30000	6,42	169,78	0,022																																																																																																																																																															
17	32000	6,6	181,10	0,022																																																																																																																																																															
18	34000	6,77	192,42	0,023																																																																																																																																																															
19	36000	6,92	203,74	0,024																																																																																																																																																															
20	38000	7,05	215,05	0,024																																																																																																																																																															
21	40000	7,19	226,37	0,025																																																																																																																																																															
22	42000	7,31	237,69	0,025																																																																																																																																																															
23	44000	7,43	249,01	0,025																																																																																																																																																															
24	46573	7,55	263,57	0,026																																																																																																																																																															
25																																																																																																																																																																			
26																																																																																																																																																																			
27																																																																																																																																																																			
28																																																																																																																																																																			
29																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																			
31																																																																																																																																																																			
OBSERVACIONES:																																																																																																																																																																			
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR DE LABORATORIO	DOCENTE																																																																																																																																																																
NOMBRE: Bach. Rodmel Valdivia Ayay		NOMBRE: ING. Luis Herrera Terán	NOMBRE: Ing. Luis Vásquez Ramírez																																																																																																																																																																
FECHA: 12/05/2025		FECHA: 12/05/2025	FECHA: 12/05/2025																																																																																																																																																																