

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del bloque de
concreto convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno**

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

AUTOR

Elbert Bryan Alarcon Chong

ASESOR

Gian Franco Perez Garavito

<https://orcid.org/0000-0002-0745-8685>

Chiclayo, 2024

**Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del
bloque de concreto convencional y adicionado de nanoplaquetas de
grafeno**

PRESENTADA POR
Elbert Bryan Alarcon Chong

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Hector Augusto Gamarra Uceda
PRESIDENTE

Elmer Rolando Polo Briceño
SECRETARIO

Gian Franco Perez Garavito
VOCAL

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%	22%	4%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	10%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1%
9	vsip.info Fuente de Internet	

ÍNDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
REVISION DE LITERATURA	15
MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
RESULTADOS Y DISCUSION.....	67
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS.....	99
ANEXOS	103

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. BLOQUES ARTESANALES E INDUSTRIALES.	21
FIGURA 2. ESQUEMA DE OBTENCIÓN DE GRAFITO, NANOTUBOS Y FULLERENO A PARTIR DE UNA LÁMINA DE GRAFENO.	28
FIGURA 3. PRINCIPALES MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DEL GRAFENO.	29
FIGURA 4. MUESTRAS DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	30
FIGURA 5. TIPOS DE SONICADOR, (A) POR SONDA Y (B) POR BAÑO DE ULTRASONIDOS.....	32
FIGURA 6. MUESTRA DE AGREGADO FINO EN HORNO	42
FIGURA 7. MUESTRA DE AGREGADO GRUESO EN HORNO	42
FIGURA 8. ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO GRUESO	43
FIGURA 9. ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO DE AGREGADO FINO	44
FIGURA 10. PESO UNITARIO COMPACTADO DE AGREGADO FINO	45
FIGURA 11. PESO UNITARIO COMPACTADO DE AGREGADO GRUESO.....	45
FIGURA 12. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO	46
FIGURA 13. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO	47
FIGURA 14. MUESTRAS DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO EN MÁQUINA DE ULTRASONIDOS. ...	49
FIGURA 15. MEZCLADO DE CONCRETO PARA BLOQUES	52
FIGURA 16. NANOPLAQUETAS DE GRAFENO INCORPORADAS EN MEZCLA DE CONCRETO	53
FIGURA 17. MOLDEADO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO	54
FIGURA 18. ENSAYO DE VARIABILIDAD DIMENSIONAL EN BLOQUES DE CONCRETO.....	55
FIGURA 19. ENSAYO DE ALABEO EN BLOQUE DE CONCRETO.....	56
FIGURA 20. ENSAYO DE ABSORCIÓN EN BLOQUE DE CONCRETO	56
FIGURA 21. PESO SUMERGIDO EN BLOQUE DE CONCRETO.....	58
FIGURA 22. BLOQUES DE CONCRETO REFRENTADOS.....	59
FIGURA 23. PILA DE BLOQUE DE CONCRETO REFRENTADA	60
FIGURA 24. MURETE DE BLOQUES DE CONCRETO	61
FIGURA 25. PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE LA BARRA DE MORTERO PARA ENSAYO DE DURABILIDAD.....	63
FIGURA 26. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE BARRAS DE MORTERO	63
FIGURA 27. DEFICIENCIAS DE BLOQUES DE CONCRETO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE CHICLAYO.....	145
FIGURA 28. ENTREGA DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	145
FIGURA 29. SELECCIÓN DE AGREGADO FINO (CANTERA "TRES TOMAS").	146
FIGURA 30. SELECCIÓN DE AGREGADO GRUESO (CHANCADORA "PIEDRA AZUL").....	146

FIGURA 31. NANOPLAQUETAS DE GRAFENO EN MÁQUINA DE ULTRASONIDOS.....	147
FIGURA 32. NANOPLAQUETAS DE GRAFENO DISPERSADAS EN TIEMPOS DE: A) 20 MINUTOS, B) 40 MINUTOS Y C) 60 MINUTOS.	147
FIGURA 33. ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS	149
FIGURA 34. MOLDES METÁLICOS PARA BLOQUES DE CONCRETO	150
FIGURA 35. MAQUINA VIBRATORIA PARA ELABORACIÓN DE BLOQUES.....	150
FIGURA 36. MEDICIÓN DE SLUMP POR CONO DE ABRAMS.....	151
FIGURA 37. VIBRACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO EN EL MOLDEADO.....	151
FIGURA 38. CURADO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO	152
FIGURA 39. ALMACENAMIENTO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO	152
FIGURA 40. RESUMEN DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	153
FIGURA 41. BLOQUES DE CONCRETO CORTADOS CON AMOLADORA	154
FIGURA 42. RESUMEN RESULTADOS EN PILAS DE BLOQUES DE CONCRETO Y ADICIONADOS	155
FIGURA 43. FALLA EN PILAS DE BLOQUES DE CONCRETO	156
FIGURA 44. RESUMEN RESULTADOS EN MURETES DE BLOQUES DE CONCRETO	157
FIGURA 45. FALLAS EN MURETES DE BLOQUES DE CONCRETO.....	157
FIGURA 46. MUESTRA DE ENSAYO DE DURABILIDAD DEPOSITADA EN SOPORTE METÁLICO.	158
FIGURA 47. MUESTRAS DE ENSAYO DE DURABILIDAD DEPOSITADAS EN CONTENEDOR DE PVC.	158

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CEMENTO PORTLAND TIPO MS(MH), REQUERIMIENTOS FÍSICOS	22
TABLA 2. TIPOS DE CEMENTO PORTLAND Y USOS.....	23
TABLA 3. CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES	26
TABLA 4. TIPOS DE BLOQUES DE CONCRETO POR DIMENSIONES (PACASMAYO).....	26
TABLA 5. NANOMATERIALES APLICADOS A LA CONSTRUCCIÓN.....	27
TABLA 6. MUESTREO DE BLOQUES DE CONCRETO.....	36
TABLA 7. MUESTREO BARRAS DE CONCRETO	36
TABLA 8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	38
TABLA 9. CANTIDAD MÍNIMA REQUERIDA PARA REALIZAR LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO DE ACUERDO AL TMN	39
TABLA 10. REQUERIMIENTO DE GRANULOMETRÍA PARA AGREGADO FINO	40
TABLA 11. TAMAÑO DE LA MUESTRA DE AGREGADO	41
TABLA 12. RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA	49
TABLA 13. REQUERIMIENTOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y DE CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES VALORES DE ASENTAMIENTO Y TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADOS	50
TABLA 14. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA	51
TABLA 15. PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO.....	51
TABLA 16. FACTOR DE CORRECCIÓN ALTURA/ESPESOR PARA LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA	61
TABLA 17. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	65
TABLA 18. MATRIZ DE CONSISTENCIA	66
TABLA 19. RESUMEN ENSAYOS DE AGREGADO FINO	67
TABLA 20. RESUMEN ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO	68
TABLA 21. RESUMEN DEL DISEÑO DE MEZCLA, $f'c = 85 \text{ kg/cm}^2$ PATRÓN Y ADICIÓN NPG.	69
TABLA 22. MUESTRAS DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO EXPUESTAS A DISPERSIÓN.....	70
TABLA 23. MEDICIÓN DE LONGITUD DE LAS MUESTRAS PATRÓN.....	85
TABLA 24. VARIACIÓN DE LONGITUD DE MUESTRAS PATRÓN.....	85
TABLA 25. MEDICIÓN DE LONGITUD DE LAS MUESTRAS ADICIONADAS DE 0.05% DE NPG.	86
TABLA 26. VARIACIÓN DE LONGITUD DE MUESTRAS ADICIONADAS DE 0.05% DE NPG	86
TABLA 27. COSTO UNITARIO BLOQUE DE CONCRETO PATRÓN	87
TABLA 28. COSTO UNITARIO BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO 0.05% NPG.....	88

TABLA 29. COSTO UNITARIO BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO 0.10% NPG.....	88
TABLA 30. COSTO UNITARIO BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO 0.15% NPG.....	89
TABLA 31. COSTOS DEL BLOQUE DE CONCRETO CONVENCIONAL EN EL MERCADO SIN IGV.....	90

RESUMEN

En la actualidad, la implicancia de la nanotecnología dentro del campo de la ingeniería civil ha tomado gran relevancia, llevando a cabo la utilización de nanomateriales novedosos como materiales de construcción. De esta manera, mediante la elaboración de bloques de concreto adicionando nanoplaquetas de grafeno para usos estructurales en viviendas expuestas a riesgos sísmicos. Los bloques elaborados son de concreto patrón y adición de nanoplaquetas de grafeno de 0.05%, 0.10% y 0.15% respecto al peso de cemento. Se ensayaron conforme a sus propiedades físicas y mecánicas tanto como unidad, prismas y muretes de albañilería. En los resultados, en cuanto a sus propiedades físicas se demostró que las nanoplaquetas de grafeno aportan a la impermeabilidad de los bloques de concreto; respecto a sus propiedades mecánicas, se evidencia que aumentan notablemente las resistencias a compresión en unidades y prismas y resistencia a compresión diagonal en muretes. De esta manera el material es óptimo para su uso en muros sometidos a grandes cargas y condiciones húmedas.

Palabras clave: nanotecnología, bloques de concreto, nanoplaquetas de grafeno, máquina de ultrasonidos

ABSTRACT

Currently, the implication of nanotechnology within the field of civil engineering has become very relevant, leading to the use of novel nanomaterials as construction materials. In this way, through the elaboration of concrete blocks adding graphene nanoplatelets for structural uses in houses exposed to seismic risks. The elaborated blocks are made of standard concrete with the addition of graphene nanoplatelets of 0.05%, 0.10% and 0.15% with respect to the weight of cement. They were tested for their physical and mechanical properties as units, prisms and masonry walls. In the results, regarding their physical properties, it was demonstrated that graphene nanoplatelets contribute to the impermeability of the concrete blocks; regarding their mechanical properties, it is evidenced that they notably increase the compressive strength in units and prisms and diagonal compressive strength in masonry walls. Thus, the material is optimal for use in walls subjected to high loads and humid conditions.

Keywords: nanotechnology, concrete blocks, graphene nanoplatelets, ultrasonic machine

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el ser humano ha transformado toda materia prima encontrada en la naturaleza para su propio beneficio, siendo uno de estos aspectos, la seguridad de los habitantes en una edificación. En el campo de la construcción, se sabe que uno de los materiales más utilizados es el concreto, el cual ofrece buenas capacidades de resistencia y trabajabilidad. Sin embargo, la necesidad de mejorar las propiedades mecánicas y físicas obligan a buscar una nueva alternativa de materiales de construcción, para ello se debe buscar la innovación de insumos, ya que se ha evidenciado que los bloques de concreto tienden a deteriorarse a través del tiempo por la exposición ante condiciones climáticas o cargas sísmicas, afectando las propiedades mecánicas y físicas de estos.

Actualmente, las investigaciones de los materiales nanotecnológicos han generado una gran controversia en la ciencia. Específicamente, en el sector construcción, la nanotecnología surge como una metodología innovadora enfocada en optimizar las propiedades mecánicas y físicas de los materiales, lo cual conlleva a una mayor eficiencia en la ejecución del proyecto [1]. Siendo uno de los nanomateriales más investigados, los nanoplaquetas de grafeno, los cuales al incorporarse en el concreto mejoran notablemente su durabilidad y resistencias.

Un país altamente sísmico es Chile, ubicado en la placa tectónica de Nazca y en menor medida de la placa Sudamericana. Respecto a ello, se produjo el terremoto del 27 de febrero de 2010, el cual se considera el segundo de mayor magnitud en la historia nacional y a nivel mundial se encuentra dentro de los cinco más fuertes. Según CEPAL [2], el terremoto y maremoto afectaron a un total de viviendas con cualquier tipo de daño a un aproximado de 440,000 viviendas, de las cuales 200,000 viviendas cuentan con un daño mayor y 230,000 hogares cuentan con daño menor.

En el Perú, la mayoría de las edificaciones están expuestas a movimiento telúricos, de acuerdo con CAPECO [3], por medio de censos nacionales y mediciones anuales realizados sobre el mercado habitacional formal, se estimó que alrededor del 68.5% de las residencias construidas en Lima Metropolitana durante el período comprendido entre 2007 y 2014 fueron construidas de manera no oficial.

En consecuencia, la albañilería armada con bloques de concreto surge como una nueva alternativa de material de construcción, ya que presenta un mejor comportamiento estructural en contraste al ladrillo de arcilla que es vulnerable ante fuerzas de sismo. No obstante, se debe tomar en cuenta que es un material con características físicas limitadas,

siendo una de ellas la baja permeabilidad en condiciones húmedas del concreto ya que absorben grandes cantidades de agua a través de sus poros, esto ocasiona que se reduzcan de las propiedades mecánicas como la resistencia a compresión que a largo plazo da origen a fallas estructurales en los muros de la edificación.

Por otro lado, las viviendas también se ven afectadas, por las precipitaciones pluviales que se presentan en diferentes zonas del país, como el caso del Niño Costero, en enero del 2017, que afectó los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad y Tumbes. Las consecuencias de esta situación resultaron en aproximadamente 100,000 personas afectadas, 75 pérdidas de vidas humanas, el colapso de unas 10,000 residencias y un impacto social en alrededor de medio millón de individuos [4]. Debido a ello, se pretende la aplicación de unidades de albañilería que brinden una menor absorción frente a estos fenómenos naturales.

Se conoce que la mayoría de las construcciones son realizadas con albañilería confinada, los cuales presentan deficiencias frente a los fenómenos mencionados, lo cual no ocurre en la albañilería confinada. En los sistemas constructivos aplicando albañilería armada, se refuerza horizontal y verticalmente ubicados en el interior de los muros. Una vez construido los muros se llenan los vacíos de los bloques con un concreto líquido llamado “grout”, con la finalidad de unir el refuerzo con la albañilería como un solo elemento estructural denominado albañilería armada [5]. Tomando en cuenta lo mencionado, la aplicación de los bloques con adición de nanoplaquetas de grafeno en la albañilería armada proporciona un elemento estructural de mayor seguridad y resistencia al otorgar un aumento de sus propiedades mecánicas.

En los sistemas constructivo todos los bloques de concreto deben seguir las características de la unidad de albañilería, de la cual se clasifican en cuanto a su resistencia a compresión la cual debe superar los 50 kg/cm^2 para uso estructural, por otro lado, el alabeo debe ser como máximo 4 mm, y la variación dimensional con un máximo de ± 4 (hasta 100 mm); ± 3 (hasta 150 mm); y ± 2 (más 150 mm), según lo establecido en la Norma E.070 [6]. Al adicionar las nanoplaquetas de grafeno a los bloques, se pretende superar la resistencia a compresión, lograr una menor densidad y por consecuencia menor peso de los bloques.

Consecuentemente a ello se formula la siguiente problemática: ¿Se logrará una optimización significativa de las propiedades físicas y mecánicas de bloques de concreto con adición de nanoplaquetas de grafeno, en comparación con los bloques de concreto convencionales?

Desde un punto de vista **técnico**, las propiedades físicas de los bloques de concreto como la variación dimensional, alabeo, densidad y absorción, son deficientes por un mal proceso

en su elaboración y almacenamiento. De igual manera, las propiedades mecánicas de los bloques se ven afectadas cuando se exponen a condiciones de humedad, provocando disminuciones de la resistencia a la compresión que a largo plazo generará fisuras en muros. Debido a ello, lo que se busca en los bloques adicionados es, reducir la variación de las dimensiones, disminuir su deformación, reducir la densidad para facilitar su uso y aumentar la impermeabilidad frente al agua, así como aumentar su resistencia a compresión.

Desde el enfoque **científico**, la innovación en la nanotecnología se debe a la búsqueda de optimizar las propiedades de los materiales utilizados en la sociedad, que pueden ser desde plásticos y resinas hasta los utilizados en la medicina o construcciones. Las empresas productoras de nanotecnología, están a la espera de una base sólida y científica que permita aumentar su producción a una escala industrial, asegurando su uso e importancia en los diferentes mercados. Por ello, el deber como ingenieros civiles es aportar en la búsqueda del desarrollo de los procesos constructivos, mediante la creación de materiales con las propiedades necesarias para mantener la seguridad de las personas.

Desde la perspectiva **social**, según el censo del 2017-INEI, el número de viviendas de albañilería con ladrillos y bloques de cemento ha incrementado en un 43.7% con respecto al año 2007, demostrando la gran demanda de viviendas, pero sin aumentar la calidad de las construcciones [7]. En el año 2007, el terremoto en Ica generó pérdidas en el sector vivienda (S/ 2 290.68 millones), con el aproximado de 139 521 viviendas dañadas; de igual manera, en el año 2017, el fenómeno del Niño Costero afectó a 350 181 viviendas, con un total de 63 802 viviendas destruidas. Debido a ello, resulta necesario mejorar las propiedades de los materiales de construcción usados en viviendas, por medio de la implementación de los bloques de concreto a presentar en esta investigación, siendo oportunos ante la problemática actual.

Para el desarrollo de la presente investigación, se definió como objetivo general:

- Comparar las propiedades físicas y mecánicas entre los bloques de concreto con adición de nanoplaquetas de grafeno y bloques de concreto convencionales

Así mismo, se estableció los siguientes objetivos específicos:

- Establecer las características físicas y mecánicas de los componentes de los bloques de concreto convencionales y adicionados de nanoplaquetas de grafeno.
- Describir el proceso aplicativo de nanoplaquetas de grafeno en las mezclas de concreto para la elaboración de bloques.

- Evaluar las propiedades físicas de alabeo, absorción, densidad, y variación dimensional, para los bloques de concreto convencionales y adicionados de nanoplaquetas de grafeno con 0.05%, 0.10% y 0.15% respecto al peso del cemento.
- Evaluar las propiedades mecánicas de resistencia a compresión, resistencia a compresión axial y diagonal de prismas de albañilería, para los bloques de concreto convencionales y adicionados de nanoplaquetas de grafeno con 0.05%, 0.10% y 0.15% respecto al peso del cemento.
- Evaluar la durabilidad del mortero ante el ataque de sulfatos para las muestras de concreto patrón y adicionados de nanoplaquetas de grafeno con 0.05%, 0.10% y 0.15% respecto al peso del cemento.
- Comparar el costo de producción por unidad entre los bloques de concreto convencionales y adicionados de nanoplaquetas de grafeno.
- Determinar la dosificación técnica y económica óptima de adición de nanoplaquetas de grafeno para los bloques de concreto, en función de sus propiedades físicas y mecánicas.

REVISION DE LITERATURA

Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Marcondes *et al* (2015). “**Nanotubos de carbono en concreto de cemento portland. Influencia de la dispersión en las propiedades mecánicas y en la absorción de agua**”. ALCONPAT [8]. La presente investigación, buscó como objetivo primordial, la evaluación de la adición de NTC en hormigón de cemento portland, realizando la dispersión de los nanotubos de carbono en el agua por medio del uso de ultrasonido antes de incorporarse a la mezcla de concreto. Para las muestras se diseñaron tres tipos de mezcla, una mezcla sin adicionar NTC (REF) y dos mezclas con NTC, siendo estas, la mezcla con NTC y aditivo superplastificantes dispersos en agua por medio de ondas ultrasónicas (CD), y la mezcla con NTC sin aditivos ni dispersión ultrasónica (SD). El porcentaje de NTC añadido fue de 0.30%, respecto al peso de cemento. Los ensayos realizados determinaron las propiedades de resistencia a compresión, absorción del agua, así como la fluidez y la resistencia a la tracción. Los resultados demostraron que, la dispersión previa de NTC utilizando ultrasonido optimizó el efecto de la adición de nanotubos de carbono, siendo relevante para la eficiencia del concreto con adicionado de NTC.

Navarro & Forero (2017), en su investigación, “**Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono**”. Universidad Distrital Francisco José de Caldas [9], nos describen como objetivo principal, la incorporación de los nanotubos de carbono de pared múltiple en concreto, para mejorar las resistencias a la compresión, por lo cual fue adicionado en porcentajes de 0.3% y 0.5%, respecto al peso del cemento de uso general. Las muestras realizadas en total fueron de 9 probetas cilíndricas, dividiéndose en 3 muestras para referencias, 3 muestras con 0.5% de nanotubos y 3 muestras con 0.3% de nanotubos. Previamente, se realiza la dispersión en agua de los nanotubos de carbono, para el aumento de las propiedades mecánicas, por consiguiente, se añadieron en el proceso de mezclado del concreto fresco. Entre los resultados se obtuvo, que la resistencia a la compresión presentó un aumento del 11.7% y 10.02%, para las muestras con 0.3% y 0.5% de nanotubos, respectivamente, por lo que ambos diseños de mezcla son óptimos para implementarlos en concretos superresistentes.

Katour *et al* (2020), en su investigación, “**Influencia de los nanotubos de carbono de pared múltiple en las propiedades mecánicas del hormigón de cemento**”.

IOPScience [10], nos indican como objetivo principal, evaluar las características mecánicas del hormigón de cemento con incorporación de nanotubos de carbono multipared (MWCNT). Por consiguiente, se prepararon mezclas de hormigón distintas incorporando fracciones de peso de CNT (nanotubos de carbono) a cemento de 0,075%, 0,100% y 0,125 %, en peso del hormigón tradicional. En los ensayos, las muestras se determinaron por resistencia a la flexión y a la compresión, tras 7 y 28 días de curado. Los resultados mostraron que, el aumento máximo de la resistencia fue casi 1.5 veces superior al del hormigón convencional, debido a la dispersión efectiva y al tamaño de las partículas a escala nanométrica, este resultado se obtuvo de la mezcla con 0,075 % en peso de CNT, siendo la mezcla con el contenido óptimo para mejorar los parámetros de resistencia. Por otro lado, la resistencia al agrietamiento del hormigón con incorporación de CNTs, resultó ser mayor que la del hormigón convencional con la reducción de la abrasión del hormigón.

Gong *et al* (2020), en su artículo de investigación, **“Modification of cementitious composites with graphene oxide and carbon nanotubes”**. Springer Nature [11], tuvo como objetivo principal, utilizar las adiciones de óxido de grafeno (GO) y nanotubos de carbono (CNT) para mejorar las propiedades mecánicas y la durabilidad de los materiales compuestos de cemento. Según los resultados de las pruebas de laboratorio, la resistencia a la compresión del compuesto de cemento se maximizó a 43,50 MPa con una dosis óptima de 0,08% de GO, en peso de la mezcla total. La adición de 0,04% de GO (en peso de la mezcla total) y dosis más altas de hasta 0,08% mostraron un efecto de refuerzo en los compuestos de cemento debido al efecto de puenteo simultáneo de los CNT al 0,15% y al efecto de nucleación del GO. Además, la adición de GO y CNTs contribuyó a mejorar la resistencia a la congelación-descongelación y la impermeabilidad de los compuestos de cemento. Se concluye que, la adición de GO y CNTs mejora potencialmente las propiedades mecánicas y la durabilidad de los materiales compuestos de cemento, siendo muy beneficioso para diversas aplicaciones industriales, como las carreteras de hormigón o la construcción de edificios.

Karakouzian *et al* (2021), su artículo de investigación, **“Mechanical Characteristics of Cement Paste in the Presence of Carbon Nanotubes and Silica Oxide Nanoparticles: An Experimental Study”**. MDPI [12], su objetivo principal fue, evaluar el efecto combinado de la adición de nano partículas de sílice (NS) y nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT) en la mejora de la resistencia a la compresión y a

la flexión de la pasta de cemento. Las mezclas se prepararon utilizando tres porciones diferentes de MWCNT y NS. Se realizó el estudio de la morfología de la interfaz, entre la pasta de cemento y los agregados, mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), de la cual se demostró una distribución uniforme de las nanopartículas en la matriz de cemento, provocando un aumento de las reacciones de hidratación y una mayor densidad de hidratación. Según los resultados se demostró que, la utilización combinada de nanomateriales de sílice y carbono en la pasta de cemento no necesariamente otorgara las máximas resistencias a la compresión y a la flexión. Además, se observó que el uso de mayores porcentajes de NS prístino en ausencia de MWCNT, puede conducir a un mayor aumento de las propiedades de resistencia de la pasta de cemento.

Tang & Gou (2010), en su artículo de investigación, **“Morphology, electrical conductivity of novel graphite nanoplatelets-carbon nanotube hybrid nanopaper”**. ASCE [13], en el presente estudio se ha desarrollado un concepto único de fabricación de nanoplaquetas híbridas de grafeno (GNP) y nanopapeles de nanotubos de carbono (CNT) para aplicaciones eléctricas. El nuevo enfoque incluye la fabricación de nanopapeles híbridos GNP-CNT mediante la filtración de una suspensión GNP-CNT bien dispersa mediante sistemas de alta presión. Los nanopapeles híbridos GNP-CNT varían de estructuras dominadas por GNP a estructuras dominadas por CNT, dependiendo de la estructura del nanopapel en función de la proporción de peso. Las morfologías de nanopapeles híbridas preparadas se caracterizaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). En los resultados se demuestra que los nanopapeles híbridos tienen estructuras porosas y altamente estructuras enredadas. Esto demuestra que en los nanopapeles híbridos dominados por GNP, su resistividad eléctrica superficial aumenta con el incremento de la fracción de CNT; mientras que, en los nanopapeles híbridos dominados por CNT, la resistividad eléctrica superficial disminuye con el incremento de la fracción de GNP. Este hallazgo indica que el GNP es muy prometedor como alternativa a los CNT en aplicaciones eléctricas.

Shamsaei *et al* (2018), en su artículo de investigación, **“Graphene-based nanosheets for stronger and more durable concrete: A review”**. Construction and Building Materials [14], en el presente artículo se investigó el efecto de las nanoplaquetas de grafeno (GNP) sobre la estructura de los poros, la microestructura, las propiedades mecánicas y piezorresistivas del mortero de cemento. En la evaluación de las propiedades piezorresistivas de los morteros de cemento modificados con GNP bajo compresiones

cíclicas se aplicó un método de cuatro sondas. Los resultados demuestran que la incorporación adecuada de GNPs en morteros de cemento puede densificar la microestructura y mejorar las propiedades mecánicas, además, el alcance y la velocidad de las reacciones piezorresistivas no guardan una correlación simple con el contenido de GNP y los niveles de carga. Se indica que los mecanismos de la reacción piezorresistiva están asociados a la deformación elástica y la conductancia interfacial entre los GNP y la matriz del material. No obstante, la conductancia interfacial sólo funciona con contenidos moderados de GNP. En las conclusiones de este estudio indican que se puede investigar los usos de compuestos piezorresistivos basados en cemento en el desarrollo de edificios e infraestructuras de autocontrol sanitario en el futuro.

Sanglakpam & Rizwan (2020), su artículo de investigación, **“Effect of sulfate attack and carbonation in graphene oxide–reinforced concrete containing recycled concrete aggregate”**. ASCE [15], en el presente artículo se demuestra que, se realizaron ensayos de ataque por sulfatos y carbonatación acelerada en cinco mezclas de hormigón hechas con un 50% de árido de hormigón reciclado (RCA) y un 30% de cenizas volantes (FA) mezcladas con un 70% de cemento portland ordinario (OPC). El óxido de grafeno (GO) y el óxido de grafeno molido (GO_{bm}) añadidos en las mezclas de hormigón variaron en 0,05% y 0,1% en peso de ligantes. Los especímenes curados a 28 días de las mezclas fueron expuestas a una solución de sulfato sódico y a una cámara de carbonatación acelerada en un entorno controlado. El cambio en la masa aumentó, pero la resistencia residual a la compresión se redujo con la exposición progresiva a la solución de sulfato. La profundidad de carbonatación disminuyó al aumentar la inclusión de óxido de grafeno en las mezclas, pero aumentó al aumentar la exposición al CO₂. El análisis de difracción de rayos X (XRD) se llevó a cabo en las muestras después de 28 días de exposición a la solución de sulfato para confirmar la formación retardada de etringita y yesos. El análisis termogravimétrico (TGA) se llevó a cabo en la exposición de 28 días a la carbonatación acelerada para comprender la variación en el proceso de degradación. La porosidad y la distribución del tamaño de los poros de las mezclas con adición de GO y GO_{bm} mostraron una menor porosidad en comparación con la mezcla sin óxido de grafeno, lo que se confirmó a partir del análisis del porosímetro de intrusión de mercurio (MIP) realizado en especímenes curados a 28 días.

Tong, T. *et al* (2015), su artículo de investigación, **“Investigation of the Effects of Graphene on the Micro- and Macro-Properties of Cementitious Materials”**. ASCE

[16], el artículo nos indica que, en recientes investigaciones las nanoplaquetas de grafeno y óxido de grafeno pueden aumentar la "inteligencia" y la resistencia de los materiales propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas únicas. A pesar de las grandes ventajas prometedoras del hormigón reforzado con grafeno, su aplicación a la construcción real exige un conocimiento profundo de los efectos del grafeno en la durabilidad del hormigón. Para satisfacer esta necesidad, el estudio se centra en estudiar la congelación/descongelación y la resistencia a la corrosión del hormigón reforzado con grafeno. Se utilizan diferentes tipos de nanoplaquetas de grafeno y óxido de grafeno, caracterizadas por su tamaño y oxidación, para moldear probetas de mortero para la investigación experimental. La resistencia a la compresión, el comportamiento frente a la congelación/descongelación y la resistencia a la corrosión se registran para cada grupo y se comparan con muestras de referencia sin nanoplaquetas grafeno. Para profundizar en los efectos del grafeno sobre el hormigón, se lleva a cabo una caracterización a escala nanométrica para cada grupo. La microestructura de la pasta de cemento alrededor de las nanoplaquetas de grafeno, centrándose en la morfología y el módulo de Young, se comprueba mediante microscopía de fuerza atómica (AFM). Se concluye que las nanoplaquetas de grafeno pueden cambiar significativamente las proporciones de la pasta de cemento, lo cual es directamente correlacionado con la fuerza y la resistencia a la corrosión del hormigón reforzado con grafeno.

Antecedentes Nacionales

Apaza & Quispe (2018), en su investigación, **“Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono”**. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa [17], tuvieron como objetivo principal, demostrar que la adición de nanotubos de carbono mejora las propiedades mecánicas del concreto, siendo evaluados en dos cementos, Yura tipo IP y Wari tipo I, con una adición de 0,05% y 0.10% del peso de cemento, respectivamente. En primer lugar, se caracterizaron y dispersaron los nanotubos de carbono, por medio de la sonicación, luego, se dosificaron las proporciones para la evaluación en los ensayos de compresión, tracción, flexión, permeabilidad y módulo de elasticidad. Se realizó una mezcla patrón (sin nanotubos), para servir como comparativa. Por último, se realizaron vistas microscópicas por medio de un microscopio de barrido electrónico, para observar la distribución de nanotubos en cada mezcla. Los resultados obtenidos demostraron, una reducción de la trabajabilidad del concreto, la resistencia a compresión aumentó en ambas mezclas, el módulo de

elasticidad no fue afectado en mezclas con Wari tipo I, la permeabilidad se reduce en 82.72% en las mezclas con cemento puzolánico y en cementos comunes en un 54.39%.

Choque (2021), en su investigación, “**Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, agregando grafeno**”. Universidad Nacional Federico Villarreal [18], mencionan como objetivo primordial, optimizar las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ agregando grafeno. Se realizó el diseño de mezcla siguiendo los modelos matemáticos de acuerdo a normativa, bajo un diseño de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. Posteriormente, se evalúa los diseños de mezcla con grafeno en proporciones de 0.1%, 0.2%, 0.3% y 0.4% respecto al material cementante. Luego, se sometieron a ensayos para determinar sus resistencias a compresión en edades de 7, 14 y 28 días; y las resistencias a flexión y a tracción; en edades de 7 y 28 días, donde se utilizaron un total de muestras de 60, 30 y 30 para cada ensayo, respectivamente. De acuerdo al resultado, se demostró que la proporción de grafeno de 0.4% es la más adecuada, respecto a las mezclas evaluadas, para el incremento de las propiedades mecánicas a compresión, flexión y tracción en un diseño de $f'_c=210\text{kg/cm}^2$.

Ccopa (2017), en su investigación, “**Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto**”. Universidad Nacional del Altiplano [19], planteo como objetivo principal, estudiar el efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia y trabajabilidad del concreto a 3800 msnm. Por consiguiente, se realizaron las mezclas de concreto patrón y concreto con grafeno adicionado en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%, diseñados para un $f'_c=210\text{kg/cm}^2$. Posteriormente, se evaluó la consistencia del concreto en estado fresco y la resistencia a compresión, así como el curado por inmersión, en estado endurecido. Se obtuvo en los resultados que, la adición de grafeno brinda mayor trabajabilidad con respecto al concreto patrón, de igual manera, la resistencia a la compresión es más efectiva a los 7 días de curado, por lo cual, se concluye que el grafeno es aplicable como un aditivo acelerante. Por otra parte, se determinó que al aumentar los porcentajes adicionados de grafeno las propiedades disminuirán, debido a que la resistencia a compresión tiende a converger.

Bases Teóricas

Bloques De Concreto

Componentes de Bloques de Concreto

Según la NTP 399.602 [20], se denomina a un bloque de concreto como unidad prefabricada compuesto por cemento, agua, agregados finos y gruesos, los cuales

pueden ser naturales y/o artificiales, a su vez es posible agregar aditivos, entre los cuales tienen una forma esencialmente prismática con dimensiones estandarizadas y ninguna medida superior a los 60 cm, prescindiendo de cualquier tipo de refuerzo estructural.

En las unidades de bloques tanto de fabricación artesanal o industrial, su composición del concreto estará dada por una mezcla de cemento, agua, arena y confitillo o piedra chancada de $\frac{1}{4}$ ". Dependiendo del diseño de mezcla, se puede diseñar con diferentes resistencias a la compresión, siendo un material versátil para su aplicación en edificios altos y bajos. En la consistencia o slump debe ser clasificada como seca o menor a 1 pulgada, con el fin de ser desmoldeadas sin desmoronarse o afectar sus dimensiones [21].

Figura 1. Bloques artesanales e industriales.



Fuente: [21]

Según la norma E.070 [6], las unidades de concreto deben ser usadas luego de alcanzar su estabilidad volumétrica y resistencia específica. En el caso de unidades curadas con agua, la edad mínima para utilizarlas es 28 días, de otro modo, si se sobrepasa al secarse se contraerán y fisurarán los muros.

Cemento Adicionado

En la elaboración de los bloques de concreto se utilizó el tipo de cemento MS producido por la empresa PACASMAYO, basado en la NTP 334.082.

Tabla 1. Cemento Portland tipo MS(MH), Requerimientos Físicos

Ensayos	Tipo	Valor	Unidad	Normas de Ensayo	Resultado
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	6
Finura					
Superficie específica	-	-	cm ² /g	NTP 334.002	5350
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	2.2
Expansión en autoclave	Máximo	0.8	%	NTP 334.004	0.03
Resistencia a compresión					
3 días	Mínimo	11.0 (1600)	MPa (psi)	NTP 334.051	22.9 (3320)
7 días	Mínimo	18.0 (2610)	MPa (psi)	NTP 334.051	22.9 (3320)
28 días	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	22.9 (3320)

Fuente: Pacasmayo S.A. [22].

Cemento Portland

Es un conglomerante formado por silicatos de calcio y aluminatos de calcio, que al mezclarse con áridos y agua forma el concreto, también, se le conoce como cemento hidráulico.

En el Perú, según la norma NTP 334.009 [23], los tipos de cementos se clasifican por sus propiedades físicas, ver Tabla 2.

Por otro lado, los cementos hidráulicos pueden ser combinados, son originados por la mezcla del clinker pulverizado y aditivos puzolánicos. De acuerdo a la NTP 334.090 [24], los cementos de esta clase son Tipo IS, Tipo IP, Tipo IL, Tipo I(PM), Tipo IT y Tipo ICo.

Tabla 2. Tipos de Cemento Portland y Usos.

TIPOS	USO
TIPO I	Cemento de uso general sin requerir propiedades especiales de cualquier otro tipo
TIPO II	De uso general, especialmente cuando se requiere una resistencia moderada a los sulfatos o una generación moderada de calor durante el proceso de hidratación.
TIPO II	Se utiliza si se requiere elevadas resistencias iniciales
TIPO IV	En casos que requieren una generación reducida de calor de hidratación
TIPO V	Usado en casos donde se busca una notable resistencia a los sulfatos.

Fuente: NTP 334.009 [23]

Agregado Fino

Según lo indicado en la NTP 400.037 [25], se define como el agregado generado por desintegración de manera natural o artificial, donde sus partículas pasan el tamiz de 3/8 pulgadas y se retiene en el tamiz 75 μ m o N° 200, que cumplan con la norma dada.

Agregado Grueso

De acuerdo a la NTP 400.037 [25], se denomina a las partículas retenidas en el tamiz de 4,75 μ m o No. 4, que sean generadas por la desintegración natural o mecánica de las rocas, y que se adecuen a los límites de la norma indicada.

Agua

Según lo indicado en la NTP 339.088 [26], el agua para elaboración del concreto se conforma por, el agua potable sin necesidad de ensayarla conforme a los requisitos de la norma. Por otro lado, el uso de agua no potable debe utilizarse de forma parcial para alcanzar los límites calificados y cumplir los requisitos indicados en la presente norma.

Fabricación de Bloques de Concreto

La fabricación de las unidades de albañilería de concreto, se basa en las siguientes fases:

Calidad de materiales

La correcta selección del tipo de calidad y almacenamiento en las materias primas de los bloques de concreto, permitirán una producción que cumplan con las especificaciones requeridas de la unidad de albañilería.

Dosificación

Un buen diseño de mezcla estará condicionado a diversos factores como la resistencia requerida y propiedades de los materiales. Los componentes pueden ser dosificados en peso o volumen.

Mezclado

Para la elaboración de la mezcla se utilizan mezcladoras de eje horizontal que garantizan la homogeneidad de la mezcla.

Moldeado

En bloques artesanales, se pueden utilizar moldes metálicos cuya base deslizante permite que la mezcla sea compactada, de igual forma, los moldes de madera son forrados internamente con láminas metálicas y compactada mediante pisones [21].

Curado

Las unidades deben curarse rociando agua 2 veces al día durante 7 días consecutivos; de otro modo, la resistencia a la compresión disminuirá.

Almacenamiento

Se debe disponer de un lugar cubierto que permitan proteger de la intemperie hasta que cumplan su periodo de endurecimiento.

Propiedades de Bloques de Concreto

Propiedades físicas

✓ Absorción

La absorción del bloque consiste en la cantidad de agua que se filtra en la unidad de concreto, expresado en un porcentaje del peso seco, que es absorbiendo por la muestra sumergida en agua, el proceso del ensayo se realiza según NTP 399.604.

✓ Alabeo

El incremento en la curvatura ya sea cóncavo o convexo del ladrillo resulta en aumento del espesor de la junta. Además, puede reducir el área de contacto con el mortero debido a la formación de huecos en las áreas más curvas. Incluso, podría generar fallas de tracción debido a la flexión de la unidad debido al peso presente

en las filas superiores de la estructura de albañilería [21]. Se deben realizar los ensayos de acuerdo con lo indicado en la NTP 399.613.

✓ **Variación dimensional**

Es importante evaluar la variación dimensional para establecer el espesor adecuado de las juntas en la estructura de albañilería. Es importante tener en cuenta que por cada aumento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales (por encima del mínimo requerido de 10 mm), la resistencia a la compresión de la albañilería disminuye en un 15%. Además, también se reduce la resistencia al corte [21]. El procedimiento se debe realizar de acuerdo con lo indicado en la norma NTP 399.613 Y 399.604.

Propiedades mecánicas

✓ **Resistencia a la compresión**

En el pasado, el cálculo de la resistencia a la compresión se basaba en el área efectiva de la unidad, esto permitía que las fábricas produjeran ladrillos huecos, lo que aumentaba la resistencia a la compresión. En la actualidad, la resistencia se calcula considerando el área total, lo que hace que estas unidades huecas se clasifiquen en una categoría inferior. [21].

Este ensayo es muy característico en las muestras compuestas por concreto, ya que representa el índice de calidad principal en las unidades de albañilería. Para determinar esta propiedad es necesario seguir lo indicado en la NTP 399.613 Y 339.604.

Tipos de Bloques de Concreto

Al ser materiales prefabricados estas unidades de albañilería pueden fabricarse con distintos modelos por sus fabricantes. Sin embargo, según la NTP 339.602 [20], son clasificadas por su densidad de la siguiente manera.

- ✓ **Peso liviano:** La densidad de las 3 unidades promedio es de 1680 kg/m³ o menor
- ✓ **Peso medio:** La densidad de las 3 unidades promedio varía entre 1680-2000 kg/m³.
- ✓ **Peso normal:** La densidad de las 3 unidades promedio es de 2000 kg/m³ a más.

Por su uso estructural, según la norma E.070 [6], se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 3. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

TABLA 14 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: Norma E.070 [6]

En el Perú, las empresas de fabricación de bloques de concreto los clasifican por dimensiones de acuerdo al uso y resistencia que se requiera.

Tabla 4. Tipos de Bloques de Concreto por Dimensiones (Pacasmayo)

Tipo	Dimensiones	Rendimiento	Resistencia a Compresión	Uso y Aplicación
Bloque Pared 9	39x9x19 cm	12.5 unid x m ²	Mín 4MPa (41 Kg/cm ²)	Muros no estructurales y tabiquería
Bloque Pared 12	39x12x19 cm	12.5 unid x m ²	Mín 7MPa (71 Kg/cm ²)	Albañilería armada y tabiquería
Bloque Pared 14	39x14x19 cm	12.5 unid x m ²	Mín 7MPa (71 Kg/cm ²)	Albañilería armada, cercos, perimétricos y tabiquería
Bloque Pared 19	39x19x19 cm	12.5 unid x m ²	Mín 7MPa (71 Kg/cm ²)	Albañilería armada, cercos, perimétricos y tabiquería

Fuente: [27]

Nanotecnología

El nanomundo o mundo atómico, es nuevo universo que ha sido investigado en las últimas décadas, por su aportación en grandes soluciones a problemas de gran escala en la humanidad. De esta manera, la nanotecnología ha sido aplicada en biología funcional, nanoelectrónica y la química supramolecular. Siendo una de ellas el enfoque en los nanomateriales y nanoestructuras, estos aportan ligereza y resistencia, como el grafeno, por medio de la modificación estructural. El mundo de la nanotecnología ha encontrado

diversas aplicaciones en todas las ramas de la ciencia, siendo una de ellas la ingeniería, centrándose en la optimización de las propiedades de los materiales [1].

Nanotecnología en la Construcción

En el ámbito de la construcción, los materiales para la construcción están viéndose mejorados en cuanto a sus propiedades, como la incorporación de nanopartículas de cobre al acero para disminuir la fatiga y probabilidad de fractura por estrés mecánico. Entre una de las investigaciones más estudiada se encuentra a familia cementante por presentar demanda. Por otro lado, en la nanotecnología, el enfoque principal ha sido la incorporación de nanotubos de carbono y su derivado nanoplaquetas de grafeno. Debido a ello, ambos estudios se han complementado para generar un mayor rendimiento de la matriz cementante, sin causar impactos sociales ni ambientales [28]. Las sorprendentes cualidades de los nanoplaquetas de carbono han demostrado el avance de los materiales empleados en las construcciones civiles; a su vez, las crecientes capacidades de las ciencias modernas en los dominios del comportamiento estructural y medioambiental, así como su alto potencial como materiales de reciente descubrimiento. Se presentan algunos de los usos de los nanomateriales en el área de la construcción, ver Tabla 5.

Tabla 5. Nanomateriales aplicados a la Construcción.

Nanomateriales	Área de la Construcción	Propiedades
Óxido de aluminio nanopartículas	Concreto	Aumento de la capacidad de servicio
Nanotubos de carbono	Concreto	Prevención de grietas
Nanopartículas de Titanio	Concreto	Aumento del grado de hidratación
Nanopartículas de Silicato	Concreto	Refuerzo de la resistencia mecánica
Nanopartículas de cobre	Acero	Resistencia a la corrosión
Nanopartículas de óxido de hierro	Concreto	Resistencia a la abrasión
Nanopartículas de arcilla	Ladrillos y mortero	Aumento de la superficie, Resistencia a compresión

Fuente: [28]

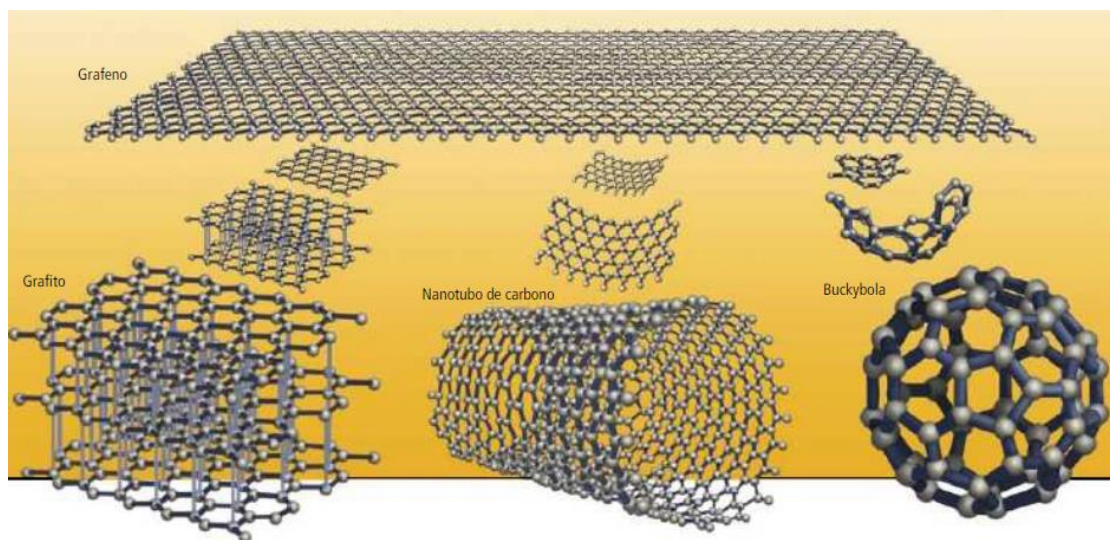
Grafeno

Para llevar a cabo la identificación de los nanoplaquetas de grafeno es necesario comprender el nanomaterial grafeno, ya que es la base de los nanoplaquetas, de esta manera se describirá específicamente para obtener un enfoque amplio.

Según Jiménez [29], el grafeno es una lámina bidimensional compuesta por átomos de carbono con hibridación sp^2 , separados $1,42 \text{ \AA}$ ó $1.42-10 \text{ m}$, dispuestos en una red hexagonal. La red hexagonal del grafeno se puede considerar como la estructura subyacente de otros alótropos de carbono con hibridación sp^2 , la estructura del grafito se formará apilando láminas de grafeno, los nanotubos de carbono se formarán por su bobinado cilíndrico, y los fullerenos se forman a través de su exterior cerramiento.

En su estructura atómica, se constituyen de un plano de átomos de carbono organizados en una red hexagonal con espesor atómico, siendo la piedra angular de los nanomateriales clasificados por sus formas alotrópicas (Fig. 4). El grafito, de forma tridimensional, es producto de varias láminas de grafeno apiladas a una distancia similar de $3,37 \text{ \AA}$ ó $3.37-10 \text{ m}$. Los fullerenos son de forma redondeadas y se dividen en dos, las esféricas o “buckybola”, que presentan forma de un balón de fútbol; y los nanotubos de carbono, de cuerpo cilíndrico, que son capaces de enrollarse sobre si mismas [30].

Figura 2. Esquema de obtención de grafito, nanotubos y fullereno a partir de una lámina de grafeno.



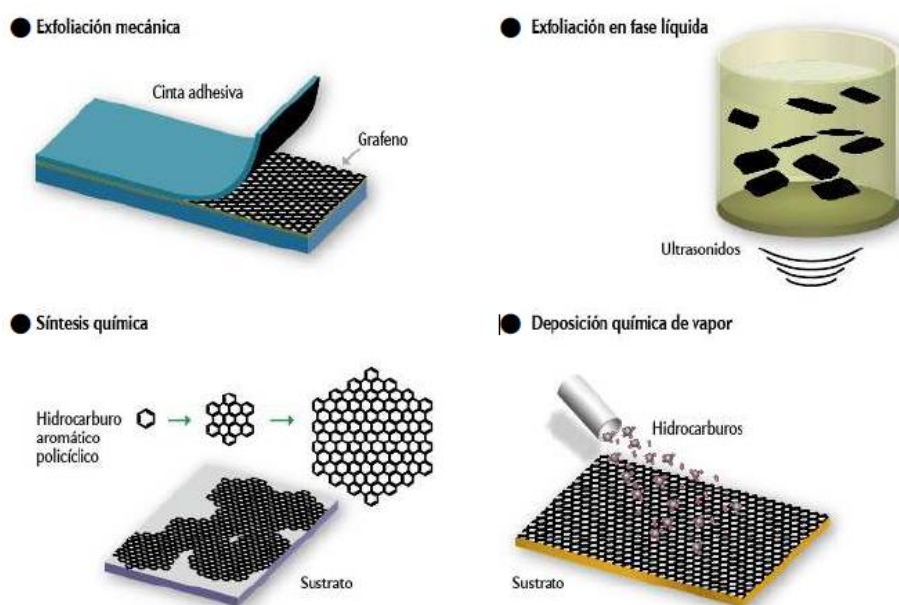
Fuente: [30].

Obtención de Grafeno

La cantidad de métodos de preparación fisicoquímica según las capas de grafeno, es amplia. Siendo de todos ellos, el que mejores resultados da es la descomposición de

gases por CVD (Deposición química de vapor). En este caso, el grafeno se forma través de las propiedades catalíticas de algunos metales que ayudan a descomponer la molécula de acetileno (C_2H_2) en sus átomos de carbono constituyentes. Estos una vez en la superficie del metal, se encuentran y se recombinan para formar grafeno. Posteriormente, mediante un ataque químico, el metal actúa como coadyuvante de disolución, obteniéndose así una lámina aislada que flota sobre la disolución [31]. Los métodos principales utilizados para la producción del grafeno se basan en el proceso de separación mecánica del grafito utilizando cinta adhesiva y la exfoliación del grafito en líquido mediante ultrasonidos, siendo una de las más reconocidas. Por último, la síntesis química de capas monoatómicas de carbono a partir del ensamblaje de hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Figura 3. Principales métodos de producción del grafeno.

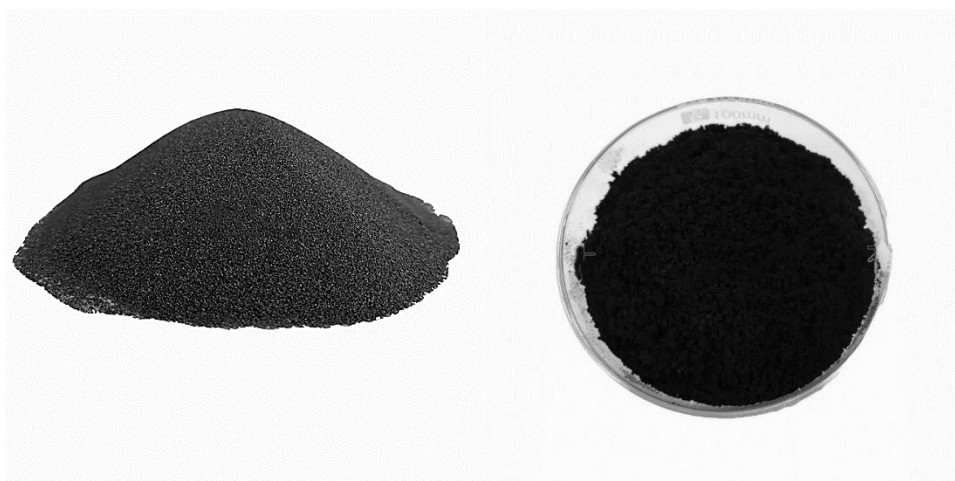


Fuente: [32]

Nanoplaquetas de grafeno

Las nanoplaquetas de grafeno, se conforma en su superficie por grafeno enrollado según distintos ángulos de su disposición hexagonal (Fig. 4). Los GNP tienen un diámetro entre 0.7 y 3 nm, además de un enlace de átomos de carbono esencialmente de sp^2 [1]. Sus extremos pueden estar abiertos o cerrados por media esfera de fullereno.

Figura 4. Muestras de nanoplaquetas de grafeno



Fuente: [33]

Propiedades de nanoplaquetas de grafeno

Propiedades mecánicas

Según [30], la gran fortaleza del enlace C-C conformada en su estructura, la baja densidad y carácter unidimensional, les dan a las nanoplaquetas de carbono excelente propiedades mecánicas en resistencias a la tensión o la deformación. Para el nanoplaquetas de grafeno, el módulo de Young ha llegado hasta valores máximos de 1 Tpa y un mínimo de 100 Gpa, dependiendo del diámetro del tubo.

Propiedades eléctricas

Las propiedades eléctricas de los nanoplaquetas de grafeno, dependerán de la geometría de la molécula, por lo que cada tipo de nanoplaquetas de capa única tendrán distintas propiedades eléctricas. La conductividad eléctrica será mayor cuando sea fácil el acceso a dichos estados de conducción. Los nanoplaquetas de pared única han presentado resistencia eléctrica de 10 k Ω [30].

Para los nanoplaquetas no quirales, las disposiciones hexagonales en partes extremas del tubo son paralelas al eje del tubo, lo que permite el libre acceso de los electrones a los estados de conducción. De esta manera, dos tercios de los nanoplaquetas no quirales son conductores y el resto actúan como semiconductores. En contra de ello, los nanoplaquetas quirales presentan sus hexágonos con un cierto ángulo de inclinación respecto al eje del tubo, lo cual dificulta el ingreso de los electrones, por lo que dos tercios serán semiconductores y el resto conductores. Por otro lado, los nanoplaquetas “armchair” en donde todos sus hexágonos son paralelos, ocasionará que la nanoplaqueta sea totalmente un conductor [32].

Dispersión de nanoplaquetas

En la preparación de los materiales cementosos reforzados con nanoplaquetas de carbono, se debe tomar en cuenta la distribución de los GNPs dentro de su matriz. Debido a las fuerzas de Van der Waals los GNP tienden a aglomerarse y formar haces (Fig. 6), cuando son utilizadas como se reciben, ocasionando una disminución del rendimiento mecánico. Lo usual se haría dispersándolo en agua y luego mezclar con las partículas de cemento, no obstante, existen técnicas para su dispersión como lo son la sonicación, agitación mecánica a alta velocidad y los surfactantes [28].

Para evaluar la dispersión de los nanoplaquetas de grafeno en nuestro material se tienen diversos métodos. Entre los más populares, para estimar la estabilidad y calidad de la dispersión de los nanoplaquetas se encuentra, la espectroscopia ultravioleta-visibles (UV-vis), sin embargo, la desventaja de este método es que no es capaz de especular el efecto de acortamiento de la sonicación en los GNP. El método más confiable y utilizado para evaluar la dispersión de los nanoplaquetas en concreto endurecido es, la microscopia electrónica de barrido (SEM), evaluando si hay una correcta dispersión en la nanoestructura. Este método, es capaz de reflejar intuitivamente la distribución de los GNP y el modo de fallo de la unión entre los mismos, así como los productos de hidratación del cemento [28].

Sonicación

En el aspecto de la nanotecnología es aplicado para dispersar uniformemente las nanopartículas en los líquidos. Se basa en el proceso de generar cavitaciones, implicando la creación, crecimiento y colapso de burbujas, formadas en el líquido por una irradiación de ultrasonidos de alta intensidad. Este método de laboratorio se lleva a cabo mediante un sonicador, se pueden encontrar varios sonicadores, con la misma función de desaglomerar las partículas dispersadas en un medio líquido (agua) transformándose en partículas individuales. Un aspecto a tomar en cuenta en el proceso es la estabilidad de la dispersión final, definida cuando las partículas logran sedimentarse y las mediciones del diámetro hidrodinámico medio no varían en más de un 10% entre las 5 mediciones repetidas realizadas. La medición de la dispersión en ese estado se logra por medir la movilidad electroforética de las partículas [34].

La sonicación se realiza por una sonda (directa) o por un baño de ultrasonidos con un frasco (indirecta), siendo la primera de mayor rendimiento. Sin embargo, la técnica preferida para la preparación de suspensiones en pruebas toxicológicas es la sonicación con baño en lugar de la sonicación con sonda, ya que esta última puede conllevar el

riesgo de contaminación a través de la punta de la sonda y la erosión del material de titanio debido a un uso prolongado, y las discrepancias en la profundidad de inmersión de la sonda. El sonicador por baño de ultrasonidos debe mantener el principio de generar ondas ultrasónicas a través de la oscilación de transductores piezoeléctricos. Estas ondas se transmiten por un transductor a una frecuencia periódica de 40 kHz [34].

Figura 5. Tipos de Sonicador, (a) por Sonda y (b) por baño de ultrasonidos.



Fuente: Elaboración Propia.

Normas Técnicas

E.070-Albañilería

La presente norma indica las características y controles de calidad que se realizan a los bloques de concreto, por lo que es necesario cumplir con todos los requisitos en el proceso de elaboración de las unidades.

Método del ACI

El enfoque analizado sigue el procedimiento propuesto por el Instituto Americano del Concreto (ACI) 211.1. Este método consiste en seguir una secuencia de pasos estructurados para determinar, de manera precisa, la cantidad de materiales esenciales (cemento, aire, agua, grava y arena) en peso y volumen requeridos para 1 m³ de concreto. Sin embargo, no se tienen en cuenta ciertos materiales cementales como el humo de sílice, las puzolanas o las escorias de alto horno en la dosificación de la mezcla. El procedimiento proporcionado por el ACI permite el diseño de mezclas de peso normal, peso pesado y concreto masivo mediante el uso de tablas específicas y datos adicionales.

NTP 334.094

El ensayo determina los cambios de longitud de las barras de mortero sumergidas en soluciones sulfatadas [35].

NTP 339.185

Esta reglamentación nos proporciona la metodología para calcular el porcentaje global de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso a través del proceso de secado. La humedad evaporable abarca tanto la humedad superficial como la contenida en los poros del agregado, pero no toma en cuenta el agua que se combina químicamente con los minerales de ciertos agregados y que no puede evaporarse. Por lo tanto, este método no incluye en el porcentaje determinado el agua que no es susceptible de evaporación.

NTP 339.088

La norma en cuestión establece los criterios de composición y rendimiento para el agua utilizada como parte de la mezcla de concreto de cemento Portland. Asimismo, describe las fuentes de agua y establece los requisitos y frecuencias de pruebas para evaluar la idoneidad de cada fuente de agua, ya sea de forma individual o combinada.

NTP 399.602

La reglamentación establece las condiciones necesarias para los bloques de concreto, los cuales deben estar fabricados con cemento Portland, agua y agregados de peso estándar, pudiendo o no incluir otros materiales. Estos bloques están diseñados para ser utilizados en muros capaces de soportar cargas. [20].

NTP 399.604

Esta normativa define el método a seguir para recolectar muestras y realizar pruebas en unidades de albañilería de concreto con el objetivo de determinar dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad) y contenido de humedad [36].

NTP 399.605

Esta normativa establece los métodos a seguir en la producción y pruebas de prismas de albañilería, así como los cálculos necesarios para determinar la resistencia a la compresión (f'_{mt}). Esta resistencia se utiliza para verificar si la albañilería cumple con los requisitos especificados de resistencia a la compresión (f'_m). Además, cuando este método de prueba se utiliza con fines de investigación, los procedimientos de

fabricación y prueba proporcionados sirven como referencia y para establecer parámetros de control. [37].

NTP 399.621.

La cantidad mínima de prismas a construir serán de 3 muretes, de acuerdo la magnitud de la obra. Las dimensiones de los muretes para unidades de albañilería de concreto deben ser de forma cuadrada de 80 cm. Luego de su elaboración, no deben ser curadas, solamente protegerlos de la intemperie [38].

NTP 400.017

La norma actual establece el procedimiento de prueba para determinar el peso unitario en estado suelto o compactado, así como el cálculo de los espacios vacíos en el agregado fino, grueso o en una combinación de ambos. Este método es válido para agregados con un tamaño máximo nominal de hasta 150 mm.

N.T.P. 400.021

El ensayo se basa en la relación de la masa del agregado grueso que ocupa un volumen patrón unitario entre la magnitud de este, incluyendo el volumen de vacíos propio del agregado, que ha de ir a ocupar parte de este volumen unitario patrón. Se utiliza una balanza, una cesta con malla de alambre, tamices y horno [39].

NTP 400.022

De igual manera en el ensayo de peso específico del agregado fino, se busca su relación de peso del agregado ocupado dentro de un volumen patrón. En este caso los instrumentos son un frasco volumétrico (fiola), un molde cónico, una barra compactadora de metal, balanza y horno [40].

NTP 400.037 (AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos)

La presente norma define los criterios de tamaño de partículas y estándares de calidad para los agregados finos y gruesos utilizados en la elaboración de concreto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue experimental, ya que, se ensayaron diversas muestras en teniendo diferentes valores, determinando las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de concreto con adición de nanoplaquetas de grafeno frente a un bloque de concreto convencional. De enfoque cuantitativo, porque se elaboró por medio de cálculos y gráficos que permitan analizar los resultados obtenidos del laboratorio.

Población, Muestra y Muestreo

Población

La población de estudio para esta investigación fueron los bloques de concreto patrón y sus adiciones de nanoplaquetas de grafeno. Además, se consideraron las barras de mortero patrón y su adición del 0.05% de nanoplaquetas de grafeno.

Muestra

La muestra de estudio corresponderá a los bloques de concreto que cumplan con los requisitos de elaboración según la NTP 339.602, para uso estructural, conformadas por un total 168 bloques realizados en 4 ensayos. Además, las barras ensayadas de acuerdo a los requisitos de la NTP 334.904 se conformaron por un total de 6 barras realizado en el ensayo de durabilidad por ataque de sulfatos.

Las nanoplaquetas de grafeno utilizadas en esta investigación fueron importadas desde China con destino a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Muestreo

El muestreo es no probabilístico, debido a que las unidades serán seleccionadas, de acuerdo a la NTP 339.602, por sus características para los ensayos correspondientes. Según la norma NTP 339.604 [36], la cantidad mínima de especímenes en ensayos de compresión y absorción, son de 3 especímenes. De acuerdo a la NTP 339.621 [38], la dimensión mínima del murete debe ser de 600mm x600mm, la dimensión del murete será de 0.8m x 0.8m. La cantidad mínima debe ser de 3 especímenes, cada murete contendrá 8 bloques de concreto. Asimismo, para el ensayo de durabilidad ante al ataque de sulfatos se consideraron 3 muestras de mortero por dosificación, según la NTP 334.009 [23].

Por lo cual, se tomará como muestra un total de 168 bloques de concreto, de entre las cuales se elaborarán, 42 bloques con adición de 0.05% de nanoplaquetas de grafeno, 42 bloques con adición de 0.10% de nanoplaquetas de grafeno y 42 bloques con adición de 0.15% de nanoplaquetas de grafeno, además de los 42 bloques de concreto patrón.

Tabla 6. Muestreo de Bloques de concreto

Muestreo de Bloques de concreto												
EDAD (día)	7				14				28			
% de nanoplaquetas de grafeno	Patrón	0.05%	0.10%	0.15%	Patrón	0.05%	0.10%	0.15%	Patrón	0.05%	0.10%	0.15%
Ensayo de absorcion en bloques	3	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Ensayo de compresion en bloques	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ensayo de compresion diagonal en Muretes	-	-	-	-	-	-	-	-	24	24	24	24
Ensayo de compresion en Pilas	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6	6	6
SUBTOTAL	24				12				132			
TOTAL	168											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Muestreo barras de concreto

Muestreo de barras de mortero				
% de nanoplaquetas de grafeno	Patrón	0.05%	0.10%	0.15%
Ensayo de Durabilidad al ataque de sulfatos	3	3	-	-
TOTAL VIGAS	6			

Fuente: Elaboración Propia

Técnicas e instrumentos

Técnicas

Los datos obtenidos de los ensayos a realizar se recolectaron mediante las siguientes técnicas:

- **Observación directa:** Se analizan las variables y su respuesta ante el estímulo al que serán expuestas. En la investigación se observaron la dispersión de las nanoplaquetas de grafeno por ultrasonidos.

- **Experimentación:** Se realizarán ajustes en las variables, alterando así su comportamiento con el propósito de confirmar las propiedades que exhiben. En este caso, se empezó por las muestras patrón (bloques sin adición), luego se elaborarán los bloques de concreto adicionados, tomando en cuenta el porcentaje de adición dado en el muestreo.

Instrumentos

Los instrumentos de recolección para los ensayos a realizar fueron los siguientes:

- a. Ficha técnica del ensayo de variación dimensional.
- b. Ficha técnica del ensayo de alabeo.
- c. Ficha técnica del ensayo de absorción.
- d. Ficha técnica del ensayo de resistencia a la compresión.
- e. Ficha técnica del ensayo de resistencia a la compresión en pilas.
- f. Ficha técnica del ensayo de resistencia a la compresión en muretes.
- g. Ficha técnica del ensayo de durabilidad del concreto expuesto a sulfatos.

Los programas a utilizar para la digitación de los datos fueron calculados y procesados a través de:

- Microsoft Excel
- Microsoft Word

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de ensayos de concreto de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo para los ensayos correspondiente, no obstante, los ensayos de resistencia a compresión de pilas y muretes, así como el ensayo de durabilidad se realizaron en un laboratorio externo.

Todos los equipos e instrumentos utilizados en la presente investigación cuentan con la calibración correspondiente de acuerdo con lo indicado en la normativa.

Tabla 8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

METODO	TECNICA	INSTRUMENTO
Adquisición de materiales	Observación	Para Agregados: Ficha de Inspección de agregados
		Para Bloques: Ficha de Inspección de moldes de metal
		Para Nanoplaquetas: Ficha de Inspección de maquina de ondas ultrasonicas
Ensayos de laboratorio	Experimentación	Componentes: Ficha tecnica de granulometria (NTP 400.012)
		Ficha tecnica de peso unitario del agregado grueso (NTP 400.017)
		Ficha tecnica de agregados para concreto (NTP 400.037)
		Ficha tecnica de agregado Fino.Peso especifico y Absorción (NTP 400.021)
		Ficha tecnica de agregado Grueso.Peso especifico y Absorción (NTP 400.022)
		Ficha tecnica de agregado. Ensayo contenido de humedad (NTP 339.185)
		Ficha tecnica de agua de mezcla utilizada en la produccion de concreto de cemento Portland (NTP 339.088)
		Bloques de concreto: Ficha tecnica de bloques de concreto para uso estructural (NTP 339.602)
		Ficha tecnica de ensayos de bloques de concreto (NTP 339.604)
		Prismas de albañileria: Ficha tecnica de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañileria (NTP 399.605)
		Muretes de albañileria: Ficha tecnica de método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañileria (NTP 399.621)
ACI	Evaluación	Diseño de mezcla por ACI 211
Evaluación de Datos	Análisis de resultados	Microsoft Excel, cálculos y gráficos de resultados

Fuente: Elaboración Propia

Caracterización de agregados

En la realización del presente proyecto, se consideraron agregados finos y agregados grueso dentro de la región Lambayeque, por lo cual, se realizaron visitas a la cantera de “Tres Tomas” y la chancadora “Piedra Azul”, de las cuales se extrajeron las muestras de arena gruesa y confitillo.

Granulometría

Procedimiento Agregado Grueso

Los tamices utilizados fueron desde la malla 2”, 1 1/2”, 1”, 3/4”, 1/2”, 3/8”, N°4, N°8, N°16 y fondo.

Se elige la cantidad de muestras a ensayar del agregado grueso, el cual se determina de acuerdo a su tamaño máximo nominal, ver Tabla 9.

Tabla 9. Cantidad mínima requerida para realizar la granulometría del agregado de acuerdo al TMN

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 1/2)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 1/2)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 1/2)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112(4 1/2)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Fuente: NTP 400.021 [39]

De esta manera, se extrajo un peso de 4.4 kg ya que nuestro TMN fue de 3/8”. Una vez pesado, vaciamos el material en el suelo esparciéndolo hasta que quede uniforme. Luego, realizamos el cuarteo del agregado con el uso de una varilla de acero para repartir equitativamente para cada parte, de donde se seleccionará las dos partes opuestas que presentes la mayor variedad de tamaños entre sus partículas, que serán utilizadas en el ensayo. Seleccionada la muestra se pesa y es llevado a nuestros tamices, estos son colocados en forma de columna, en orden de mayor a menor diámetro, donde el agregado fue depositado en pequeñas cantidades y se realizó el

zarandeado en cada uno de ellas hasta llegar al fondo. Se toman los pesos del agregado retenido en cada tamiz.

Procedimiento Agregado Fino

Se selecciono una muestra representativa de la cual se lavó por la malla N° 200, para poder eliminar las posibles arcillas que se encuentran en la muestra, posteriormente se mete al horno por 24 horas para poder obtener nuestra muestra seca para tamizarla. Se zarandeo en cada tamiz y se fue pesando el agregado retenido en cada una de ellas, para luego proceder a los respectivos cálculos. Los tamices utilizados para agregados finos se conformaron desde el 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y el fondo.

Tabla 10. Requerimiento de granulometría para agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 μm (No. 30)	25 a 60
300 μm (No. 50)	5 a 30
150 μm (No. 100)	0 a 10
75 μm (No. 200)	0 a 3,0

Fuente: NTP 400.037 [25]

Se generó la curva granulométrica a partir del porcentaje del peso total del material retenido en cada tamiz y su peso total de la muestra ensayada.

Cálculo

- **Tamaño máximo:** De acuerdo con la Norma NTP 400.037, es el tamaño más pequeño de tamiz por el cual todos los componentes de la muestra puedan pasar.
- **Tamaño máximo nominal:** Siguiendo la Norma NTP 400.037, es el tamaño mas pequeño de tamiz en el que se produce la primera retención.
- **Porcentaje retenido acumulado:** Se obtiene sumando el porcentaje de retención parcial en un tamiz y porcentajes de retención en tamices anteriores.

$$\% \text{ retenido parcial} = \frac{\text{Masa retenida parcial}}{\text{Masa total de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ que pasa} = \frac{\text{Masa inicial} - \text{Masa retenida despues del ensayo}}{\text{Masa inicial}} \times 100$$

$$MF = \frac{\% \text{Retenidos acumulados (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

Contenido de Humedad

Procedimiento

Primero, se debe escoger la cantidad de la muestra de acuerdo a la NTP 339.185, la cual nos indica en la Tabla 11, la masa mínima por tamaño máximo nominal de nuestro agregado.

Tabla 11. Tamaño de la muestra de agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0,187) (No. 4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
5,0 (1)	4,0
37,5 (1 ½)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 ½)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 ½)	16,0
100,0 (4)	25,0
150,0 (6)	50,0

Fuente: NTP 339.185 [41]

Una vez seleccionada la muestra la colocamos en un recipiente y procedemos a pesarla obteniendo nuestro peso húmedo, después se lleva al horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, para de esta manera extraer su humedad, este proceso dura 24 horas. Después de ello, se retira del horno dejándolo enfriar por unos minutos para luego pesarlo, determinando la cantidad de agua evaporada.

Figura 6. Muestra de agregado fino en horno



Fuente: Elaboración Propia

Figura 7. Muestra de agregado grueso en horno



Fuente: Elaboración Propia

Cálculo

$$P = \frac{100 (W - D)}{D}$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos

D = Masa de la muestra seca en gramos

Pesos unitarios sueltos

Procedimiento

En primer lugar, se pesó el molde de probeta metálica sin contener agregado, realizado en una balanza calibrada, y se tomaron las medidas de sus dimensiones para hallar su volumen. Posteriormente, se llenó el molde con nuestra muestra seleccionada hasta el tope, se debe considerar la altura de caída libre la cual fue de unos 15cm. Una vez enrasado con el fin de eliminar el exceso, se pesa el molde lleno con el agregado. Se realizó el mismo proceso con 3 pesos diferentes, los cuales no deben diferir en menos o más de 20 gramos.

Figura 8. Ensayo de peso unitario suelto de agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

Figura 9. Ensayo de peso unitario suelto de agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

Cálculo

$$M = (G - T)/V$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en kg/m^3

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg

T = Peso del recipiente de medida en kg

V = Volumen de la medida en m^3

Pesos unitarios compactados

Procedimiento

Se procede a pesar el molde donde será vaciada nuestra muestra, luego se llena por capas cada una debe ser $1/3$ del molde. Cada capa fue varillada con el uso de una varilla de $5/8''$, se realizó el chuceado 25 veces por todo el agregado, y siempre tomando en cuenta que se debe golpear 15 veces con el martillo de goma para mejorar el compactado.

Para la última capa, se terminó de llenar por completo el molde y se realizó nuevamente la compactación en este caso fueron 15 veces; ya que se volvería a llenar

por última vez para dar los últimos 10. Luego de ello enrasamos nuestro molde, limpiando los excesos visibles y procediendo a pesarlo.

Figura 10. Peso unitario compactado de agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Peso unitario compactado de agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

Cálculo

$$M = (G - T)/V$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en kg/m^3

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg

T = Peso del recipiente de medida en kg

V = Volumen de la medida en m^3

Pesos Específicos y Absorción

Procedimiento

Se extrajo una muestra representativa de 500 gramos de agregado depositada en un tara y pesada en una balanza electrónica, respectivamente calibrada.

En caso del agregado fino la muestra fue llevada a un molde cónico, con el fin de observar si nuestra muestra se encuentra húmeda o seca, se compactó verticalmente 25 veces por capa utilizando una barra de metal, se retiró el molde y se observó que se derrumbó, se procedió a tomar su peso seco. Luego se introdujo a un frasco y llenada de agua, agitándola en el proceso, se esperó un par de horas para realizar el peso total del agua introducida. Una vez retirada del frasco, se procedió a ponerla al horno a temperatura de 110°C por 24 horas y se pesó.

En el agregado grueso la muestra se tamizó con la malla N°4, por ser confitillo, para después lavarla en agua durante 24 horas, luego de ello se secó superficialmente con un trapo por unos minutos y se realizó su pesado. Posteriormente, se procedió a introducir en una canastilla de metal, la cual se sumergió en agua y se tomó su peso sumergido. La muestra es llevada al horno a una temperatura de 105°C por un tiempo de 24 horas. Se extrae y se toma el peso.

Figura 12. Peso específico y absorción de agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13. Peso específico y absorción de agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

Cálculo

Peso específico de masa (Pem):

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS):

$$P_{eSSS} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

Peso específico aparente (Pea):

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

Absorción (Ab):

$$Ab, (\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos;

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos;

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

Dispersión de nanoplaquetas de grafeno

Las muestras de nanoplaquetas de grafeno fueron adquiridas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo para brindar al estudiante en la elaboración del presente proyecto, por lo cual se obtuvo 500 gramos de la adición para la elaboración de las muestras.

Equipos e instrumentos

- ✓ Vaso de precipitación de 500 ml
- ✓ Máquina de ultrasonidos
- ✓ Nanoplaquetas de grafeno
- ✓ Agua potable

Procedimiento

En primer lugar, se debe considerar que el equipo de ultrasonidos se puede realizar en cualquier ambiente que sea estable y protegido de la intemperie. Una vez ubicado y encendido el equipo se procedió a configurarlo respecto a una temperatura ambiente de 23 °C y tres tiempos distintos de dispersión para evaluar el asentamiento de cada uno.

Los recipientes de la adición fueron vasos de precipitación para medir con facilidad la cantidad dispersada, la cantidad por recipiente fue de 5 gramos de nanoplaquetas de grafeno mezclado con agua con un volumen de 400 ml, ver *Figura 9*. Luego, se realizó la dispersión de las nanoplaquetas de grafeno en la máquina de ultrasonidos durante un tiempo de 20, 40 y 60 minutos por muestra.

Se programó un tiempo de dispersión para cada muestra, las diferencias entre cada una de ellas fueron de 20 min., de esta manera se compararía se evaluaría la diferencia del tiempo de aglomeración entre ellas.

Posterior a ello, las muestras se dejaron en reposo hasta que se demuestre la totalidad de asentamiento de las partículas, es decir que se aglomeren nuevamente. Donde se observó

que la muestra de 60 minutos fue la más óptima en la dispersión, ya que las nanoplaquetas de grafeno en las muestras de 20 y 40 minutos se asentaron con mayor facilidad en un periodo breve.

Figura 14. Muestras de nanoplaquetas de grafeno en máquina de ultrasonidos.



Fuente: Elaboracion Propia.

Diseño de mezcla para el bloque de concreto

Los pasos a seguir se realizaron de acuerdo al ACI 211.1, los cuales fueron los siguientes:

Primero, se necesita tener una resistencia de diseño de nuestro bloque la cual debe ser mayor a 50 kg/cm^2 en bloques de uso estructural, según la E.070. Con esta consideración, se escogió una resistencia de diseño de $f^c = 85 \text{ kg/cm}^2$ por lo cual el $f^{cr} = 155 \text{ kg/cm}^2$, según lo indicado en la norma E.060, ver Tabla 12.

Tabla 12. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f^c < 21$	$f^{cr} = f^c + 7,0$

$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8,5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1,1 f'c + 5,0$

Fuente: [42]

Establecemos el contenido de aire atrapado, de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso (3/8") y con un asentamiento de 1-2" (seco), con estos datos seleccionamos el porcentaje de aire el cual fue de 3.0%. Determinamos la cantidad de agua de diseño, siendo para este caso un valor de 207 lts/m³, de acuerdo con Tabla 13.

Tabla 13. Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos nominales de agregados

Revenimiento [cm]	Agua. [Kg/m ³] para el concreto de agregado de tamaño nominal máximo [pulg] indicado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10.0	228	216	205	193	181	169	145	124
15.0 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	
Cantidad aproximada de aire en concreto sin aire incluido [%]	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5.0	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 a 10.0	202	193	184	175	165	157	133	119
15.0 a 17.5	216	205	197	174	174	166	154	
Promedio recomendado de contenido de aire según el nivel de exposición [%]								
Exposición ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición moderada	6	5.5	5.5	4.5	4.5	4	3.5	3
Exposición Severa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: [43]

Se seleccionó la relación a/c por resistencia, de esta manera buscamos nuestro valor de $f'cr$ relacionándolo con la columna de aire incorporado, estableciendo el valor de la relación a/c el cual fue de 0.791, ver Tabla 14. Con este dato podemos hallar la cantidad de cemento la cual es de 261.69 kg/m³.

Tabla 14. Selección de la relación agua/cemento por resistencia

Tamaño máximo nominal del agregado [pulg]	Primera estimación del peso del concreto fresco [kg/m ³]	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
3/8"	2280	2200
1/2"	2310	2230
3/4"	2345	2275
1"	2380	2290
1 1/2"	2410	2350
2"	2445	2345
3"	2490	2405
6"	2530	2435

Fuente: [43]

Determinamos nuestro contenido de agregado grueso, por lo que debemos buscar su valor relacionar su tamaño máximo nominal con el volumen de agregado grueso seco compactado, lo cual nos da un valor de 0.453, ver Tabla 15. Este dato se multiplica con el peso unitario compactado para hallar el peso de agregado grueso.

Tabla 15. Peso del Agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño máximo nominal del agregado [pulg]	Volumen de agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: [43]

Aplicando el método de volúmenes absoluto se halla la cantidad de agregado fino por unidad de volumen de concreto. Se corrige la cantidad de agua en base a la humedad y absorción de los agregados. Finalmente, se vuelven a calcular los nuevos pesos de los agregados húmedos y de agua, dosificándolos en pesos y volúmenes.

Elaboración del bloque de concreto

Los moldes de los bloques utilizados fueron de dimensiones 12x19x39cm respectivamente. Su resistencia fue de $f'c = 85\text{Kg/cm}^2$, se escogió de acuerdo a la norma E.070, que a su vez indica que el $f'c = 50\text{Kg/cm}^2$ es la resistencia mínima de diseño para un bloque de uso estructural.

Mezclado

Primeramente, se deben tener los materiales debidamente pesados para el volumen de concreto estimado, de acuerdo a nuestro diseño de mezcla. Luego, se lleva el material hasta el trompo horizontal, mezclando los agregados y a su vez el cemento, después de ello se agrega el agua, según nuestra relación agua-cemento. El tiempo de mezclado varía entre 45 a 60 segundos.

Figura 15. Mezclado de Concreto para Bloques



Fuente: Elaboración Propia.

Para el mezclado de concreto con adición de nanoplaquetas de grafeno, se deben considerar previamente la dispersión de acuerdo con la descripción previa. Se realizó incorporando la adición según el volumen de concreto, esta cantidad es vaciada sobre la mezcla de concreto, dejándolo mezclar por un tiempo aproximado de 30 segundos.

Figura 16. Nanoplaquetas de grafeno incorporadas en mezcla de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Moldeado

Una vez la mezcla se encuentre homogénea se traslada mediante una carretilla hacia la ubicación de la mesa vibratoria para uniformizar la mezcla en los moldes. El vaciado sobre los moldes se realizó en capas mediante una pala, por otro lado, el operador estima el tiempo de vibrado hasta que sea visible la presencia de agua en la superficie del concreto, indicando que la mezcla se encuentra totalmente vibrada. Consecuentemente, el proceso de desmoldado se realiza llevando el molde hacia el lugar del almacenado. Luego se retira volteándolo cuidadosamente de manera que la cara superior quede totalmente perpendicular a la base del suelo, después se levantan las azas del molde hacia arriba, dándonos el producto final del bloque de concreto.

Figura 17. Moldeado de los bloques de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Fraguado

Posterior al desmoldado, los bloques de concreto reposan en un ambiente protegido del sol, durante un tiempo de 24 horas.

Curado

Después del fraguado, se procedió a curar los bloques de concreto mediante el rociado de agua durante 3 veces al día de esta manera el bloque se mantenía húmedo, este proceso se realizó hasta las edades de 7, 14 y 28 días respectivamente. La separación entre cada bloque fue de 2cm, para que se puedan humedecer por todos sus lados y evitar que colisionen entre sí.

Almacenamiento

La zona donde se almacenaron fue en las inmediaciones de la empresa, ubicada en el distrito de “La Victoria”, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Se almacenaron en un sitio apartado de la maquinaria de trabajo, en donde se encuentre protegido de un contacto directo con suelo arcilloso, además de contar con el espacio suficiente para almacena la población total de muestras.

Ensayo de variación dimensional en bloques de concreto

Procedimiento

Consiste en comparar las dimensiones reales de las unidades con las dimensiones ideales de elaboración, por lo que se calculan las variaciones que existen en cada dimensión de la unidad. El ensayo de variación dimensional se realizó por medio de la medición de las dimensiones del bloque de concreto (largo, ancho, altura y espesor de

paredes), lo cual es medido por medio de un vernier para la medición de altura y ancho del bloque, y una wincha para la medición del largo del bloque, debido a que era muy extenso para ser calculado con un vernier. Estas medidas también son útiles para hallar las áreas brutas y netas de los bloques de concreto.

Figura 18. Ensayo de variabilidad dimensional en bloques de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo de alabeo en bloques de concreto

Procedimiento

Los bloques deben ubicarse en una superficie plana y nivelada. El ensayo consiste en colocar una regla metálica nivelada que atraviese los extremos de la unidad, de esta manera se colocó la cuña graduada al milímetro ubicada en la parte izquierda central y derecha de la superficie de nuestro bloque. Se midieron los alabeos de las caras superiores e inferiores, determinando si son cóncavos o convexos, ver Figura 20.

Figura 19. Ensayo de alabeo en bloque de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo de Absorción en bloques de concreto

Procedimiento

Las muestras a medir fueron 3 unidades enteras para cada dosificación en sus respectivas edades de curado, midiendo su ancho, altura y longitud, mediante una regla de acero y un Vernier (pie de rey). Según la NTP 339.604, los bloques de este ensayo pueden ser enteros o cortados, posteriormente la muestra se sumergió en una poza llena de agua durante 24 horas. Luego, se retiran del agua secándolas superficialmente durante un aproximado de 2 minutos, para proceder con su pesado de cada muestra. Las mismas fueron llevadas al secado realizadas en un horno ventilado de 100 °C a 115 °C por no menos de 24 horas, después de ellos se tomó el peso seco. Una vez obtenido ambos pesos se realiza el cálculo para hallar el porcentaje de absorción.

Figura 20. Ensayo de absorción en bloque de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Cálculo

$$\text{Absorción \%} = [(W_s - W_d)/W_d] \times 100$$

Donde:

W_s = peso saturado del espécimen (kg)

W_d = peso seco al horno del espécimen (kg)

Ensayo de densidad en bloques de concreto

Procedimiento

En este ensayo se utilizaron las mismas unidades del ensayo de absorción por lo que, solo se añadió el peso sumerjo, para ello se llevan los especímenes a suspender en un alambre de metal y se sumergen totalmente en agua, registrando su peso en una balanza calibrada.

Figura 21. Peso sumergido en bloque de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Calculo

$$\text{Densidad, kg/m}^3 = [Wd / (Ws - Wi)] \times 1000$$

Donde:

Wd = peso seco al horno del espécimen (kg)

Ws = peso saturado del espécimen (kg)

Wi = peso sumergido del espécimen (kg)

Ensayo de compresión en bloques de concreto

Procedimiento

Previamente al ensayo, se realizó el refrentado de los bloques para las caras superiores e inferiores, utilizando una mezcla de cemento y yeso en una proporción en volumen de 1:3, respectivamente. El bloque fue colocado entre dos placas rectangulares de acero para que actúe sobre la totalidad de su respectiva área. Una vez obtenido la carga de rotura, se realizaron los cálculos con respecto al área bruta y neta del bloque.

Figura 22. Bloques de concreto refrentados



Fuente: Elaboración Propia.

Calculo

Las resistencias dependerán de su área, por lo que primero veremos su resistencia respecto al área neta:

$$\text{Volumen neto } (Vn) = Wd/D$$

$$\text{Área neta } (An) = Vn/H$$

$$\text{Esfuerzo de compresion del area neta} = Pmax/An$$

Donde:

Vn = Volumen neto del espécimen (mm^3)

Wd = Peso seco al horno del espécimen (kg)

D = Densidad seca al horno del espécimen (kg/m^3)

An = Área neta del espécimen (mm^2)

H = Altura media del espécimen (mm)

En el caso del área bruta dependerá de:

$$\text{Área bruta } (Ag) = L \times W$$

$$\text{Esfuerzo de compresion del area bruta} = Pmax/Ag$$

Donde:

Ag = Área bruta del espécimen (mm^2)

L = longitud promedio del espécimen (mm)

W = ancho promedio del espécimen (mm)

Pilas y muretes

Mortero

Se realizó con una mezcla dosificada en 1:4 de cemento y arena gruesa, lo cual es recomendable según la norma E.070. Se realizó el asentamiento de las muestras con una junta de 1.5cm de espesor, previamente se humedeció las bases entre las caras superficiales de los bloques.

Ensayo de compresión de pilas

Procedimiento

Se seleccionaron dos bloques de concreto para ser asentados uno encima de otro, se construyeron a plomo y en línea. Se realizó el refrentado de las pilas para mejorar la uniformidad de área superficial. Luego de su elaboración, se esperó 28 días para realizar el ensayo a compresión de acuerdo a la E.070.

Figura 23. Pila de bloque de concreto refrentada



Fuente: Elaboración Propia.

Cálculo

Una vez ensayadas las pilas a compresión, se calcula la relación de su altura y espesor de estas, de acuerdo a ello se seleccionó el factor de corrección indicado en la Tabla 16, según la NTP 399.604.

Tabla 16. Factor de corrección altura/espesor para la resistencia a compresión de prismas de albañilería

h_p/t_p^A	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Factor de corrección	0,75	0,86	1,0	1,04	1,07	1,15	1,22

Fuente: [36]

La relación h_p/t_p de las pilas ensayadas fue de:

$$\frac{h_p}{t_p} = \frac{400}{120} = 3.33$$

$$\text{Factor de corrección} = 1.10$$

La resistencia consistió en:

$$f'm = \frac{\text{Carga}}{\text{A. bruta}} \times 1.10$$

Ensayo de Compresión Diagonal de Muretes

Procedimiento

En su elaboración se utilizaron ocho bloques enteros para formar un murete de 80 x 80 cm, para su simetría fue necesario cortar los bloques por la mitad mediante una amoladora eléctrica, el armado consistió en un murete de tipo soga y sin rellenar con “grout”. Por consiguiente, se esperó 28 días después de su construcción para ensayarlo.

Figura 24. Murete de bloques de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Calculo

El calculo del esfuerzo cortante sera el siguiente:

$$V'm = \frac{0.707P}{Ab}$$

Donde:

$V'm$ = esfuerzo cortante sobre el área bruta (MPa)

P = carga aplicada (N)

Ab = Área bruta del espécimen (mm^2)

$$Ab = \frac{l + h}{2} \times t$$

Donde:

l = largo del murete (mm)

h = altura del murete (mm)

t = espesor total del murete (mm)

Ensayo de durabilidad ante el ataque de sulfatos

Procedimiento

Los especímenes del ensayo son barras de mortero las cuales tienen las mismas características de nuestro diseño de mezcla para bloques de concreto, sin embargo, la diferencia radica en que se realiza un tamizado por la malla N°4 de nuestra mezcla de concreto para retener el agregado grueso, por lo que se extraerá un gran porcentaje de volumen del confitillo. Por consiguiente, se realiza el vaciado de la mezcla restante sobre los moldes de madera, donde ya deben ubicarse los pernos de medición en cada extremo, una vez vaciados se dejan reposar al aire libre por un tiempo de 24 horas. Luego de ello se desencofran con mucho cuidado de no alterar la uniformidad del espécimen, se llevan a una poza de curado llena de agua por un tiempo de 24 horas. Posteriormente, se almacenan en un soporte de metal con sus mismas dimensiones de sección, que a su vez está contenido por un molde cilíndrico de PVC, dentro de ello se agregó la solución de sulfatos. Por último, las mediciones se realizaron a 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas después que las barras se hayan colocado en la solución sulfatada, de esta manera se ensayan sus cambios de longitud.

Figura 25. Procedimiento de obtención de la barra de mortero para ensayo de durabilidad



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 26. Procedimiento de medición de barras de mortero



Fuente: Elaboración Propia.

Calculo

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{L_g} \times 100$$

Donde:

ΔL = Cambio de longitud a la edad x, %

L_x = Lectura en el comparador del espécimen a la edad x – lectura de la referencia a la edad x.

L_i = Lectura inicial espécimen – lectura de la barra de referencia, al mismo tiempo.

L_g = Longitud nominal del calibre, o 250 mm como sea pertinente.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 17. Operacionalización de Variables

VARIABLES	DESCRIPCION	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICION	INSTRUMENTO	
INDEPENDIENTE	Nanoplaquetas de Grafeno	% nanoplaquetas de grafeno, respecto al peso de cemento	0.05; 0.10 y 0.15	Balanza electronica con aproximacion de 0,01 gramos	
DEPENDIENTE	Propiedades físicas del bloque de concreto	Absorcion	% absorcion	NTP 339.604	
		Alabeo	mm	NTP 399.613	
		Variación dimensional	% variacion promedio	NTP 339.604	
		Densidad	gr/cm ³	NTP 339.604	
	Propiedades mecánicas del bloque de concreto	Resistencia a la compresion	kg/cm ²	NTP 339.604	
		Resistencia a la compresion de pilas	kg/cm ²	NTP 339.605	
		Resistencia a la compresion diagonal por muretes	kg/cm ²	NTP 339.621	
		Durabilidad ante ataque de sulfatos	%	NTP 334.094	
	INTERVINIENTE	Ondas ultrasonicas	Tiempo	minutos	Cronómetro
			Potencia de ondas	Potencia (Watts)	Regulador de maquina de limpieza por ondas ultrasonicas Sonic P3
Componentes del diseño de mezcla por ACI		Cemento Adicionado Pacasmayo MS	Tipo	NTP 334.082	
		Granulometria del A.F. y A.G.	%	NTP 400.012	
		Modulo de Fineza del A.F. y A.G.	g/b	NTP 400.012	
		Peso Unitario y Peso compactado de A.F. y A.G.	kg/m ³	NTP 400.017	
		Peso Especifico y Absorcion del Agregado Fino	kg/m ³	NTP 400.022	
		Peso Especifico y Absorcion del Agregado Grueso	kg/m ³	NTP 400.021	
		Requisitos de calidad del agua	g/b	NTP 339.088	
Contenido de humedad		%	NTP 339.185		

Fuente: Elaboración Propia

Matriz de consistencia

Tabla 18. Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA												
TITULO	Análisis Comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del bloque de concreto convencional y adición de nanoplaquetas de grafeno											
PROBLEMÁTICA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADOR	RANGO	UNIDAD DE MEDIDA	ME TODO DE MEDICION (Instrumentos, No mas)	METODOLOGIA	POBLACION			
¿ Se logrará una optimización significativa de las propiedades físicas y mecánicas de bloques de concreto con adición de nanoplaquetas de grafeno, en comparación con los bloques de concreto convencionales?	GENERAL	La adición de nanoplaquetas de grafeno en los bloques de concreto, optimizará sus propiedades físicas y mecánicas en comparación con bloques de concreto convencionales.	INDEPENDIENTE							Tipo de investigación: Experimental. Enfoque: Cuantitativo	La población de estudio para esta investigación fueron los bloques de concreto patrón y sus adiciones de nanoplaquetas de grafeno. Además, se consideraron las barras de mortero patrón y su adición del 0.05% de nanoplaquetas de grafeno. Muestra: conformadas por un total 168 bloques realizados en 4 ensayos y de 6 barras realizado en el ensayo de durabilidad por ataque de sulfatos	
	Comparar las propiedades físicas y mecánicas entre los bloques de concreto con adición de nanoplaquetas de grafeno y bloques de concreto convencionales.		Nanoplaquetas de grafeno	Cantidad de nanoplaquetas de grafeno	0.05, 0.10 y 0.15	% respecto al peso del cemento	Balanza eléctrica con aproximación de 0,1 gramos					
	ESPECIFICOS		DEPENDIENTE									
	Establecer las características físicas y mecánicas de los componentes de los bloques de concreto convencionales y adicionados de nanoplaquetas de grafeno.		Propiedades físicas y mecánicas del concreto	Alabeo		mm		NTP 339.604				
	Describir el proceso aplicativo de nanoplaquetas de grafeno en las mezclas de concreto para la elaboración de bloques.			Variación dimensional		% variación promedio		NTP 339.604				
				Absorción		% absorción		NTP 339.604				
				Densidad		kg/m ³		NTP 339.604				
				Resistencia a la compresión		kg/cm ²		NTP 339.604				
				Resistencia a la compresión en pilas		kg/cm ²		NTP 339.621				
				Resistencia a la compresión diagonal en muretes		kg/cm ²		NTP 339.621				
				Resistencia a la compresión en bloques		kg/cm ²		NTP 339.621				
	Resistencia a la compresión en bloques			kg/cm ²		NTP 339.621						
	Evaluar las propiedades físicas de alabeo, absorción, densidad, y variación dimensional, para los bloques de concreto convencionales y adicionados de nanoplaquetas de grafeno con 0.05%, 0.10% y 0.15% respecto al peso del cemento.		Ondas ultrasonicas	INTERVIENTE								
	Evaluar la durabilidad del concreto ante el ataque de sulfatos para las muestras de concreto patrón y adicionados de nanoplaquetas de grafeno con 0.05%, 0.10% y 0.15% respecto al peso del cemento.			Potencia de ondas		minutos		Cronometro				
				Tiempo aplicado		Potencia (Watts)		Regulador de maquina de limpieza por ondas ultrasonicas				
	Evaluar las propiedades mecánicas de resistencia a compresión, resistencia a compresión axial y diagonal de prismas de albañilería, para los bloques de concreto convencionales y adicionados de nanoplaquetas de grafeno con 0.05%, 0.10% y 0.15% respecto al peso del cemento.			Componentes del diseño de mezcla por ACI	Cemento Tipo MS		Tipo		NTP 334.082			
					Granulometría del A.F. y A.G.		%		NTP 400.012			
Modulo de Fineza del A.F. y A.G.					g/b		NTP 400.012					
Peso Unitario y Peso compactado de A.F. y A.G.					kg/m ³		NTP 400.017					
Peso Especifico y Absorción del Agr. Fino					kg/m ³		NTP 400.022					
Peso Especifico y Absorción del Agr. Grueso			kg/m ³			NTP 400.021						
Requisitos de calidad del agua			g/b			NTP 339.088						
Determinar la dosificación óptima de adición de nanoplaquetas de grafeno para los bloques de concreto, en función de sus propiedades físicas y mecánicas.	Propiedades del Concreto Fresco	Contenido de humedad			%	NTP 339.185						
Comparar el costo de producción por unidad entre los bloques de concreto convencionales y adicionados de nanoplaquetas de grafeno.		Asentamiento			cm	NTP 339.035						

Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se realizarán los cálculos para obtener la dosificación óptima de los bloques convencionales y adicionado de nanoplaquetas de grafeno, de acuerdo con los requisitos brindados por la Norma E.070, los ensayos de calidad de los bloques y la comparación con relación a un bloque convencional.

Caracterización de agregados

Se realizaron los ensayos característicos del agregado grueso y agregado fino en muestras de confitillo y arena gruesa. De acuerdo con la Norma N.T.P. 400.012 [44], se realizó el procedimiento para calcular el módulo de fineza del agregado fino. De la misma manera, se realizaron los cálculos de los pesos unitarios sueltos y compactados, peso específico y contenido de humedad, según los criterios establecidos en la Norma NTP 400.017, NTP 400.022 y NTP 339.815, respectivamente.

Agregado Fino

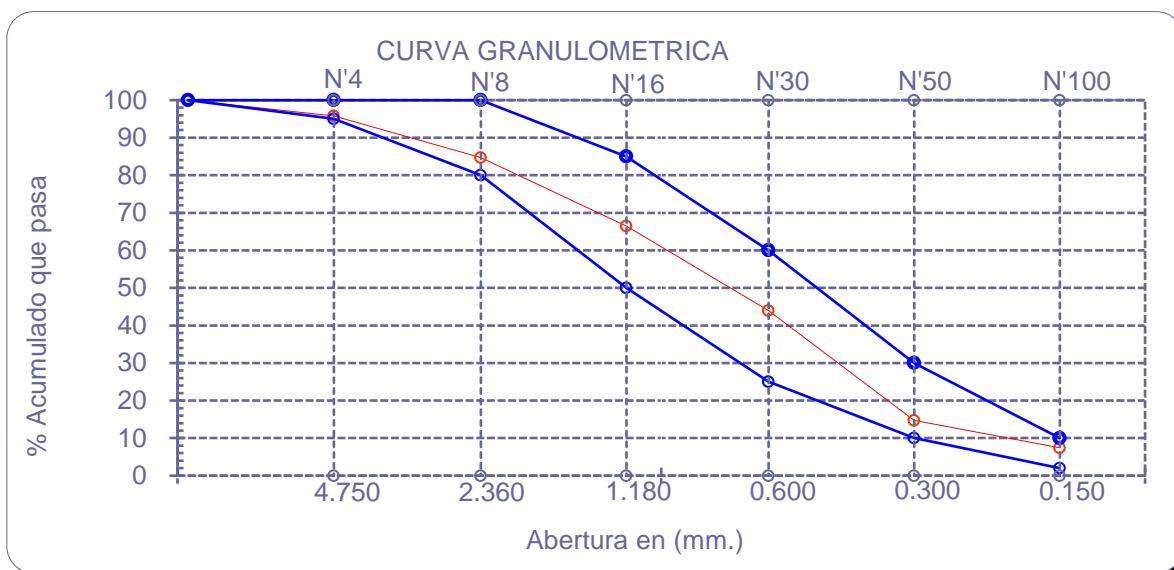
Tabla 19. Resumen ensayos de agregado fino

ENSAYO	CANTIDAD	UND. DE MEDICION
MF	2.869	-
PUCS	1848	Kg/m ³
PUSS	1666	Kg/m ³
PESO ESP.	2.547	Kg/m ³
% HUMEDAD	1.69	%
% ABSORCION	0.87	%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 19, se observa que el módulo de fineza de 2,869 se encuentra entre los parámetros establecidos en la NTP 400.037 [25], la cual indica que el módulo de fineza debe oscilar entre 2,3 y 3,1. Además, presentan un Peso unitario suelto y compactado que se clasifican dentro del rango de los agregados finos. Se infiere que el agregado fino ensayado es adecuado para alcanzar las resistencias del concreto patrón sin afectar la trabajabilidad.

Gráfico 1. Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Elaboración Propia.

La curva granulométrica del agregado fino, mide y gradúa cada partícula de la muestra clasificando de acuerdo al tamiz en el que son retenidos. En el Gráfico 2, podemos observar que la curva granulométrica del agregado fino cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, por lo cual indica que la muestra representativa se clasifica como un agregado fino.

Agregado Grueso

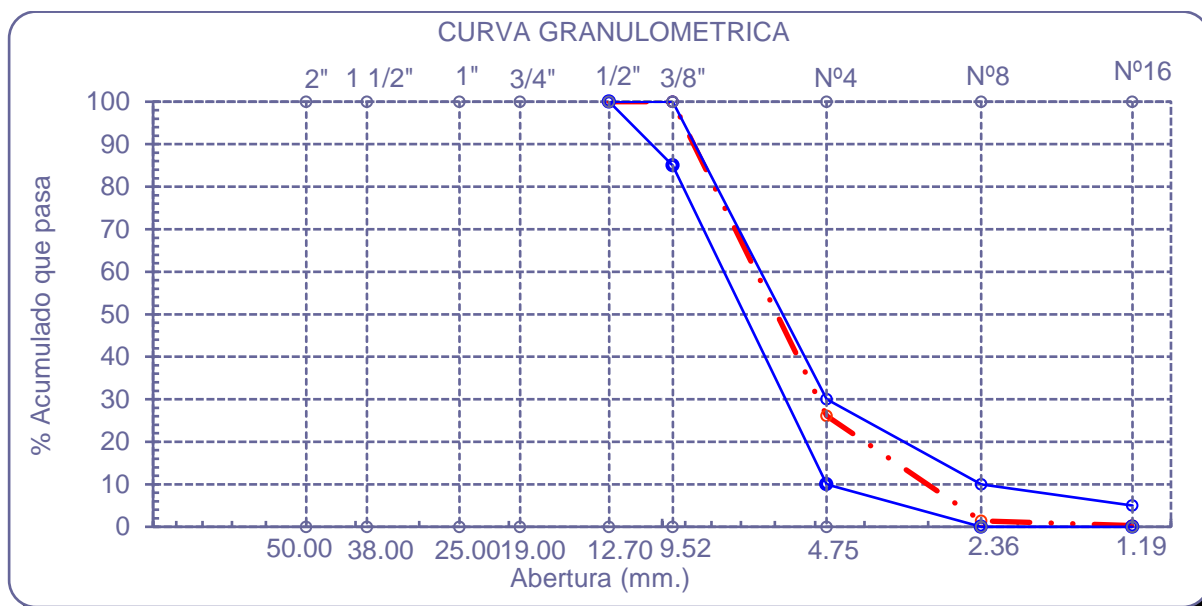
Tabla 20. Resumen ensayos de agregado grueso

ENSAYO	CANTIDAD	UND. DE MEDICION
TM	3/8"	-
TMN	1/4"	-
PUCS	1476	Kg/m ³
PUSS	1293	Kg/m ³
PESO ESP.	2.640	Kg/m ³
% HUMEDAD	0.44	%
% ABSORCION	0.54	%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 20, se observa que el tamaño máximo nominal es de 1/4" que es donde empieza el retenido de las partículas de agregado grueso, debido a que se la muestra ensayada fue un confitillo, de esto se infiere que se clasifica como agregado grueso de acuerdo con lo estipulado en la norma NTP 400.037 [25].

Gráfico 2. Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico 2, se ensayó una muestra de confitillo, donde la curva granulométrica empezó calculando los porcentajes acumulados que pasan por los tamices desde 1/2" hasta la malla N°16. Se observa que la curva granulométrica del agregado grueso cumple con el huso granulométrico establecido en la NTP 400.037 [25].

Diseño de mezcla para bloque de concreto

El diseño de mezcla se realizó con un $f'c = 85 \text{ kg/cm}^2$, respecto a una resistencia requerida $f'cr = 145 \text{ kg/cm}^2$, para los bloques de concreto, el procedimiento se realizó siguiendo lo estipulado en el ACI 211.1 [43].

Tabla 21. Resumen del diseño de mezcla, $f'c = 85 \text{ kg/cm}^2$ patrón y adición NPG.

COMPONENTES DEL CONCRETO	RESUMEN FINAL DEL DISEÑO DE MEZCLA PARA $F'c = 85 \text{ KG/CM}^2$			
	PATRON	0.05%	0.10%	0.15%
Cemento (kg/m^3)	255	255	255	255
Arena Gruesa (kg/m^3)	1097	1097	1097	1097
Confitillo (kg/m^3)	672	672	672	672
Agua Potable (lbs/m^3)	204	204	204	204
Adición NPG (kg/m^3)	-	0.127	0.255	0.382

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 21, se muestran las dosificaciones en peso de los componentes por cada metro cubico de concreto utilizado en bloques. Se evidencia que el único componente que varía es la adición de nanoplaquetas de grafeno.

Caracterización de nanoplaquetas de grafeno

El ensayo de dispersión utilizando la máquina de ultrasonidos, se caracteriza por separar las partículas para obtener un aumento de las propiedades mecánicas del concreto. Para la elaboración de los bloques de concreto, las adiciones de nanoplaquetas de grafeno se dispersaron en un ambiente protegido y a una temperatura ambiente con el mayor tiempo de dispersión el cual fue de 60 minutos.

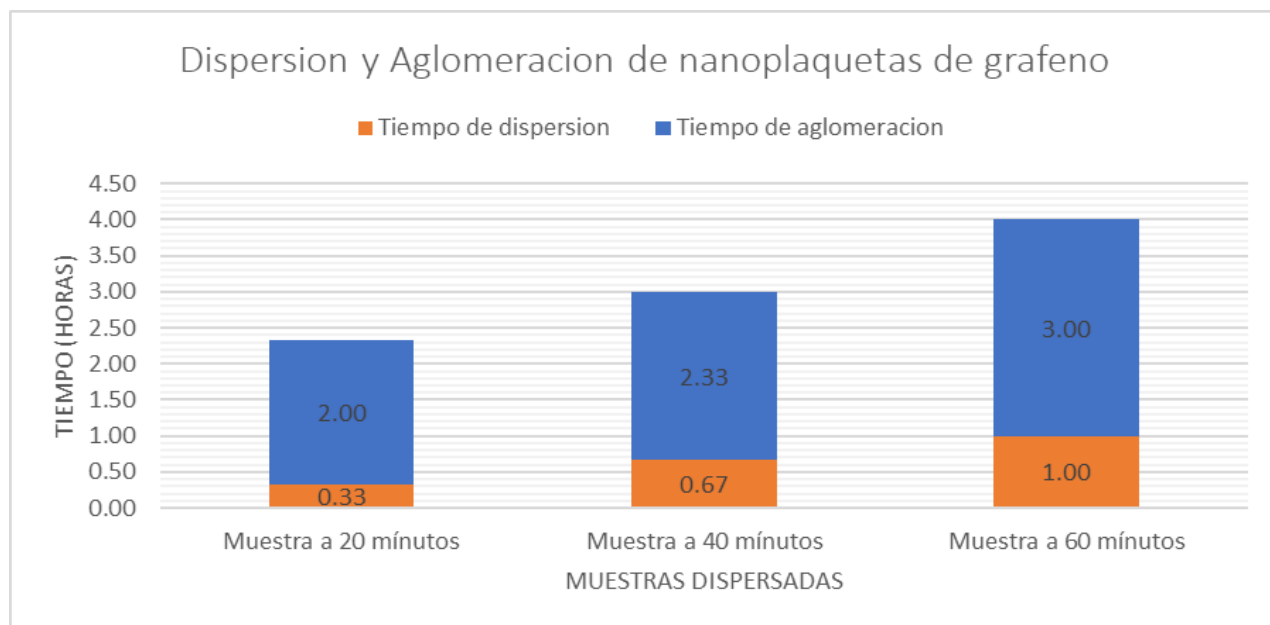
Tabla 22. Muestras de Nanoplaquetas de grafeno expuestas a dispersión

TIEMPO DE DISPERSION (min)	HORA DE DISPERSION	TIEMPO LUEGO DE DISPERSAR	AGLOMERACION (%)
Muestra dispersada en 20 minutos	6:20 PM	0 min	0.00%
	6:40 PM	20 min	20.00%
	7:00 PM	40 min	40.00%
	7:20 PM	60 min	56.00%
	7:40 PM	80 min	77.00%
	8:00 PM	100 min	88.00%
	8:20 PM	120 min	100.00%
Muestra dispersada en 40 minutos	6:40 PM	0 min	0.00%
	7:00 PM	20 min	18.00%
	7:20 PM	40 min	30.00%
	7:40 PM	60 min	42.00%
	8:00 PM	80 min	63.00%
	8:20 PM	100 min	80.00%
	8:40 PM	120 min	91.00%
Muestra dispersada en 60 minutos	7:00 PM	0 min	0.00%
	7:20 PM	20 min	12.00%
	7:40 PM	40 min	28.00%
	8:00 PM	60 min	41.00%
	8:20 PM	80 min	57.00%
	8:40 PM	100 min	68.00%
	9:00 PM	120 min	77.00%
	9:20 PM	140 min	85.00%
	9:40 PM	160 min	97.00%
10:00 PM	180 min	100.00%	

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 22, indica que los porcentajes de dispersión desde su estado de reposo hasta su dispersión final para cada muestra en intervalos de 20 minutos. De entre las cuales se evidencia que la muestra con mayor tiempo de aglomeración es la muestra dispersada durante 60 minutos.

Gráfico 3. Muestras dispersadas de nanoplaquetas de grafeno a los 20, 40 y 60 minutos



Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico 3, se observa que la muestra dispersada durante 60 minutos es la que mayor tiempo demora en aglomerarse, con un tiempo de 3 horas. Por otro lado, el menor tiempo de aglomeración fue de 2 horas en la muestra dispersada por 20 minutos. Según [17], es importante realizar la dispersión por sonicación para obtener óptimos resultados en la resistencia a compresión del concreto, además indica que al ser adicionado manualmente en la mezcla de concreto su fluidez se verá afectada desfavorablemente en trabajabilidad. Por lo que se demuestra que existe relevancia en el estudio de una adecuada dispersión de las nanoplaquetas de grafeno.

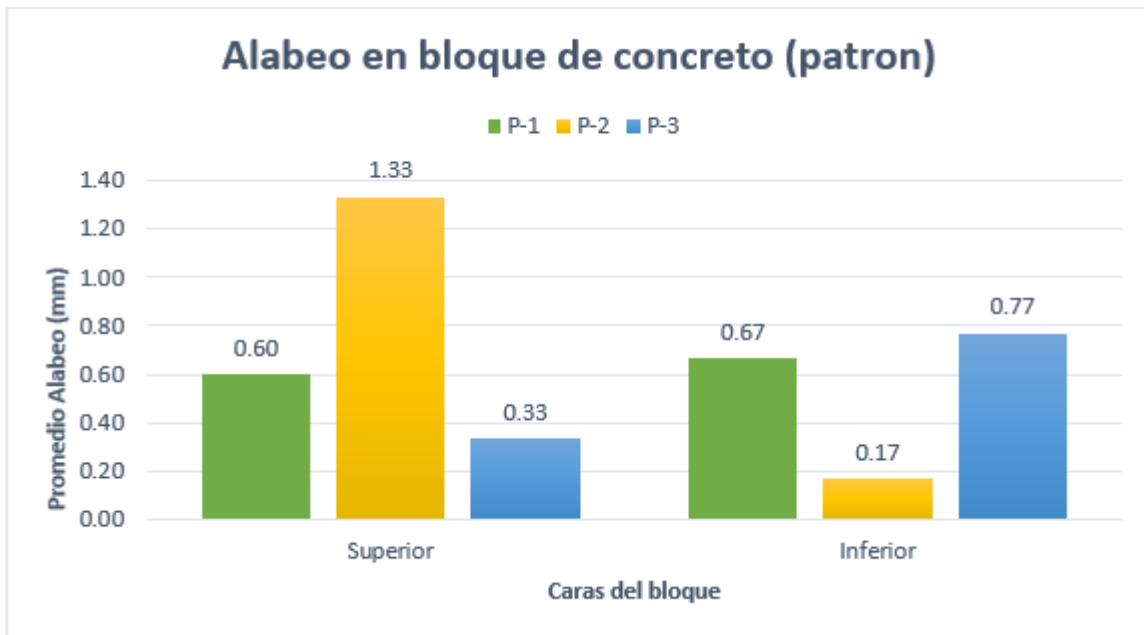
Propiedades físico-mecánicas del bloque de concreto

Alabeo en bloques de concreto

El ensayo de alabeo se realizó para conocer si nuestra unidad de albañilería es lo suficiente uniforme y no presente deformaciones representativas en las caras superiores e inferiores.

Concreto Patrón

Gráfico 4. Ensayo de alabeo en bloques patrón

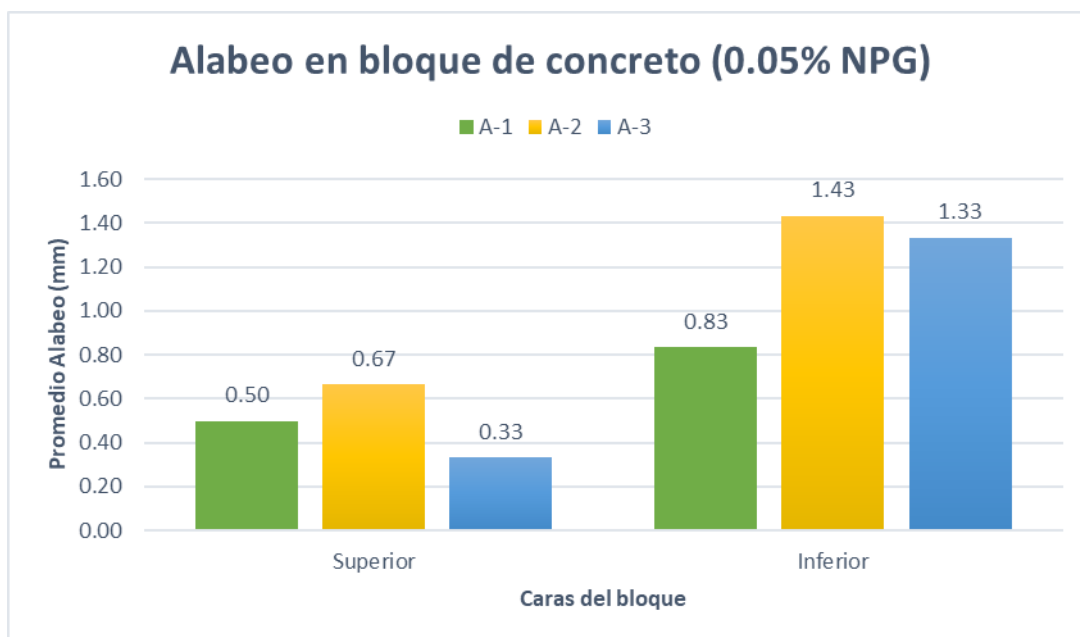


Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico 4, podemos observar que la muestra P-2 presenta la cara superior con mayor deformación de un valor de 1.33mm, mientras que, en la cara inferior la muestra P-3 tiene el mayor alabeo con un valor de 0.77mm. Se infiere que todas las muestras ensayadas cumple con la E.070, la cual indica que el valor máximo de alabeo es de ± 4 mm.

Adición 0.05% NPG

Gráfico 5. Ensayo de alabeo en bloques adicionados 0.05% NPG

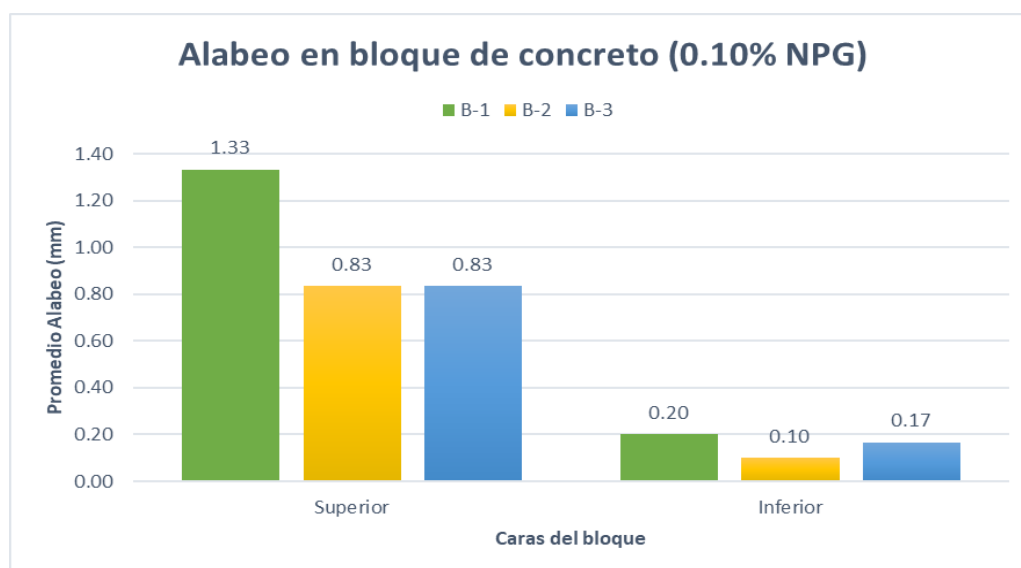


Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico 5, se observar que la muestra A-2 presenta la cara superior con mayor alabeo con un valor de 0.67 mm; por otro lado, en la cara inferior la muestra A-2 presenta la más alta deformación con un valor de 1.43 mm. Se infiere que todas las muestras ensayadas cumple con la E.070, la cual indica que el valor máximo de alabeo es de ± 4 mm.

Adición 0.10% NPG

Gráfico 6. Ensayo de alabeo en bloques adicionados 0.10% NPG

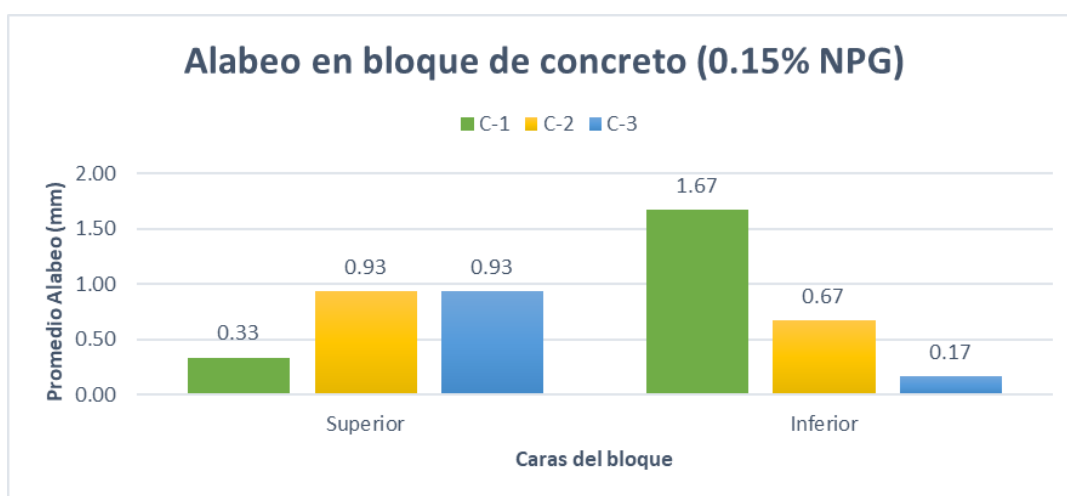


Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico 6, se observa que la muestra B-1 presenta la cara superior con mayor alabeo con un valor de 1.33 mm; mientras que, en la cara inferior la muestra B-1 tiene el mayor alabeo con un valor de 0.20 mm. Se infiere que todas las muestras ensayadas cumple con la E.070, la cual indica que el valor máximo de alabeo es de ± 4 mm.

Adición 0.15% NPG

Gráfico 7. Ensayo de alabeo en bloques adicionados 0.15% NPG

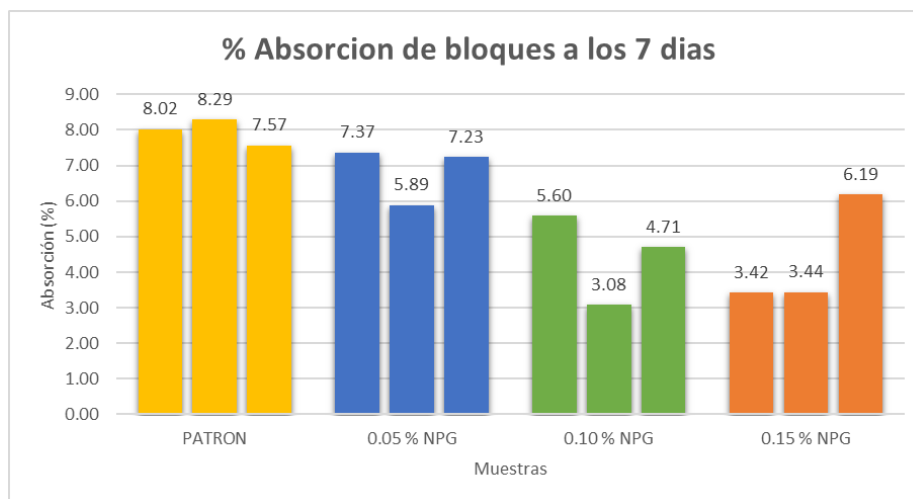


Fuente: Elaboración Propia.

En el Grafico 7, se evidencia que las muestras C-2 y C-3 presentan en su cara superior el mayor alabeo ambos con un valor de 0.93 mm; por su parte, en la cara inferior la muestra C-1 tiene el mayor alabeo con un valor de 1.67 mm. Se infiere que todas las muestras ensayadas cumple con la E.070, la cual indica que el valor máximo de alabeo es de ± 4 mm.

Absorción de bloques de concreto

Gráfico 8. Ensayo de absorción en bloques patrón y adicionados

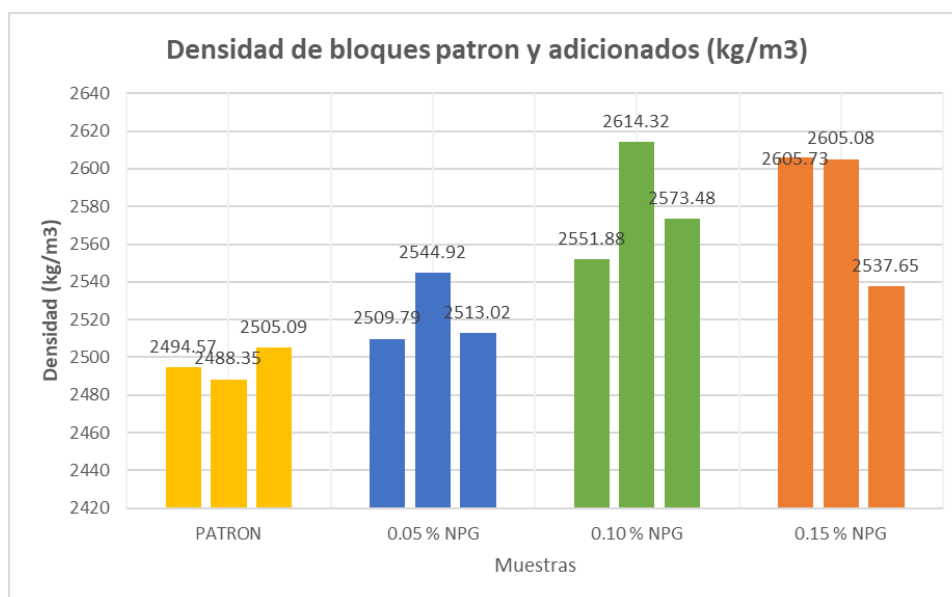


Fuente: Elaboración Propia.

En el Grafico 8, se observa que los bloques patrón presentan la mayor absorción con un valor de 8.29%. Por otro lado, la menor absorción se encuentra en los bloques adicionados con 0.10% NPG, con un valor de 3.08%.

Densidad en bloques de concreto

Gráfico 9. Ensayo de densidad en bloques patrón y adicionados



Fuente: Elaboración Propia.

En el grafico podemos observar que, la adición de 0,10% NPG presenta la mayor densidad con un valor de 2614.32 kg/m^3 . Por otro lado, la menor densidad se encuentra en los bloques patrones con un valor de 2488.35 kg/m^3 .

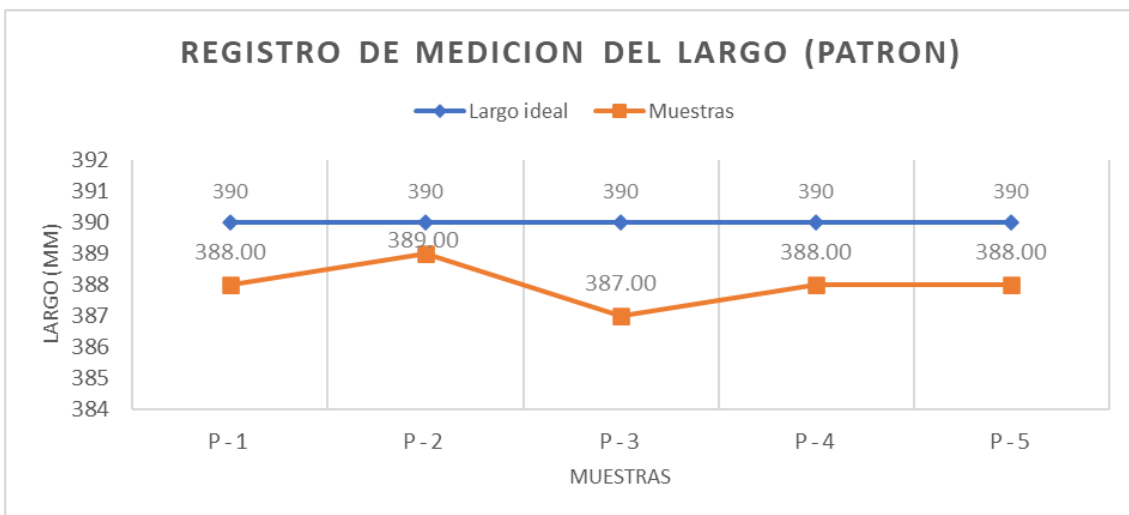
Variación dimensional en los bloques de concreto

El ensayo de variación dimensional se realizó para calificar si la unidad de albañilería es apta para su uso, seleccionando aquellos que tienen errores mínimos en sus dimensiones (largo, altura y ancho).

Largo del bloque

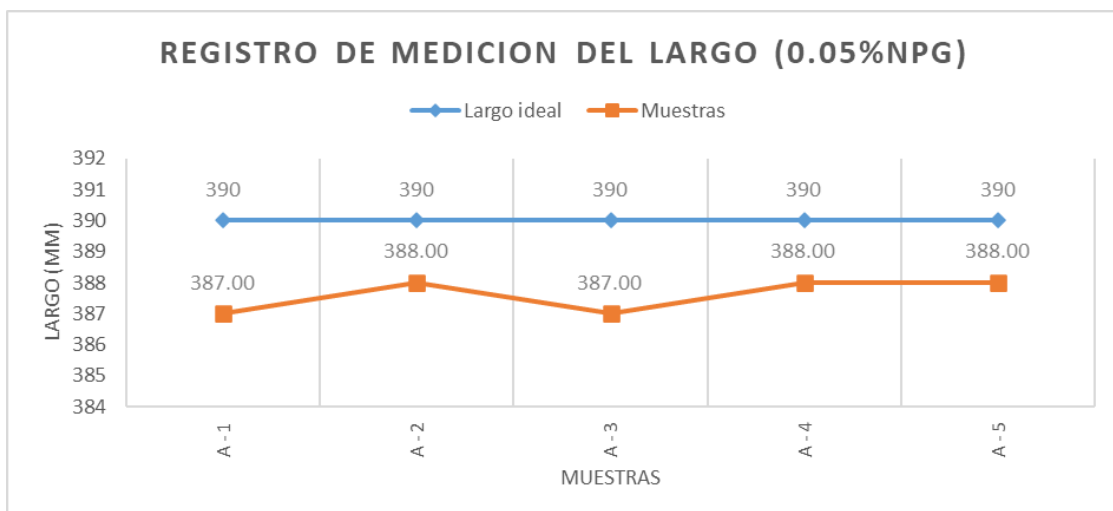
Se registran las mediciones del largo de bloques de concreto patron y adicionados, obteniendo los siguientes resultados:

Gráfico 10. Variación dimensional del largo en bloque patrón



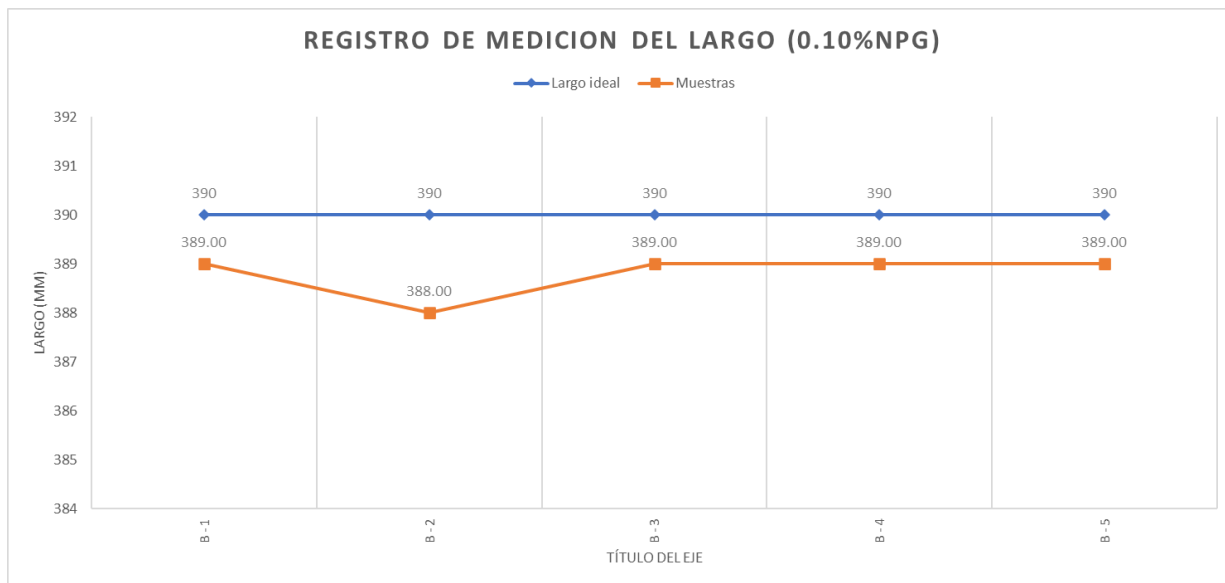
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 11. Variación dimensional del largo en bloque adicionado 0.05% NPG



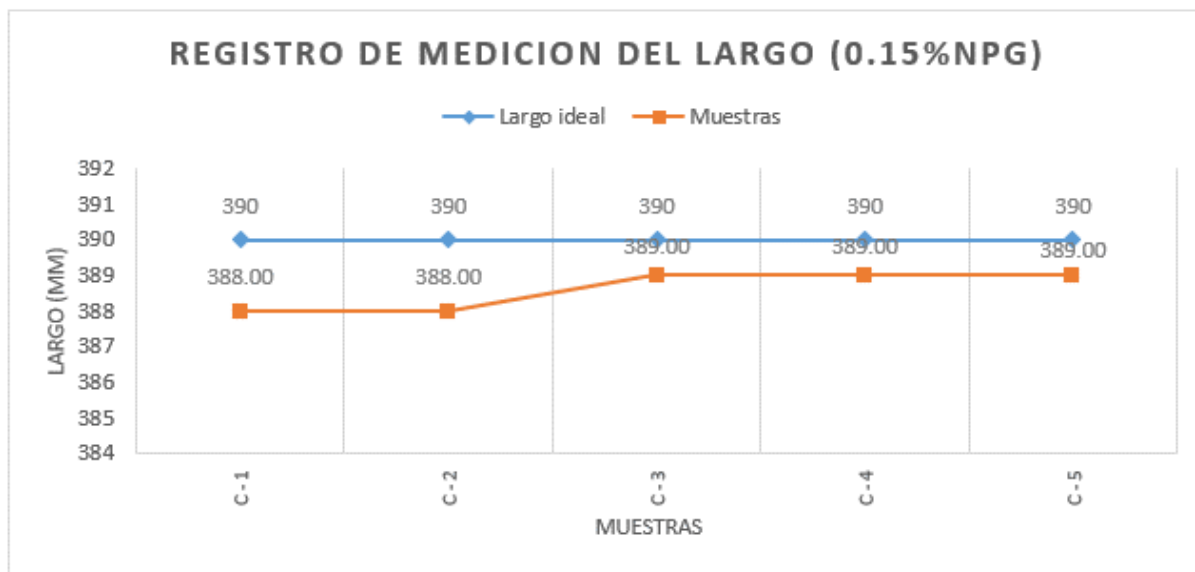
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 12. Variación dimensional del largo en bloque adicionado 0.10% NPG



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 13. Variación dimensional del largo en bloque adicionado 0.15% NPG



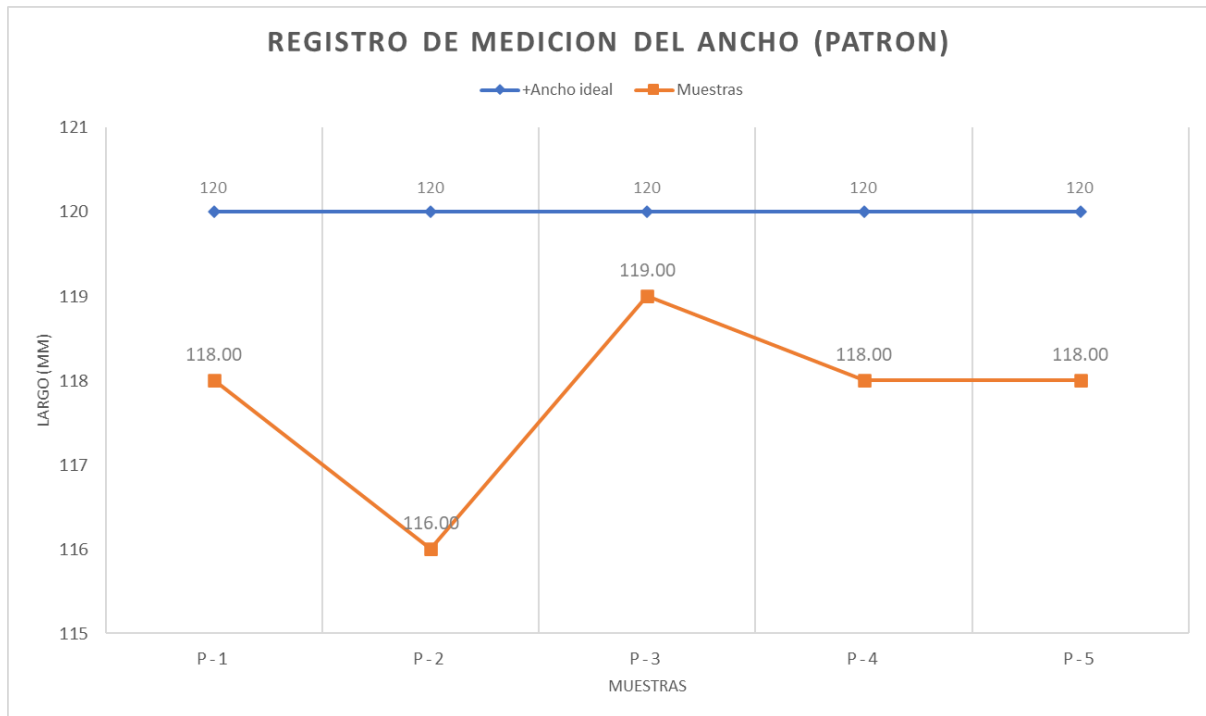
Fuente: Elaboración Propia.

En los Gráficos 10, 11, 12 y 13, se evidencia que las adiciones de 0.10% NPG presenta la menor variedad dimensional con un valor promedio de 388.60 mm, siendo la variación promedio de -1.40 mm, respecto al largo de diseño de 390 mm. Según la norma E.070, la variación de la dimensión en bloques para muros portantes debe ser como máximo $\pm 2\%$, lo cual indica que las muestras patrón y adicionadas de 0.05%, 0.10% y 0.15% de NPG cumplen para clasificarse como bloque de uso estructural.

Ancho del bloque

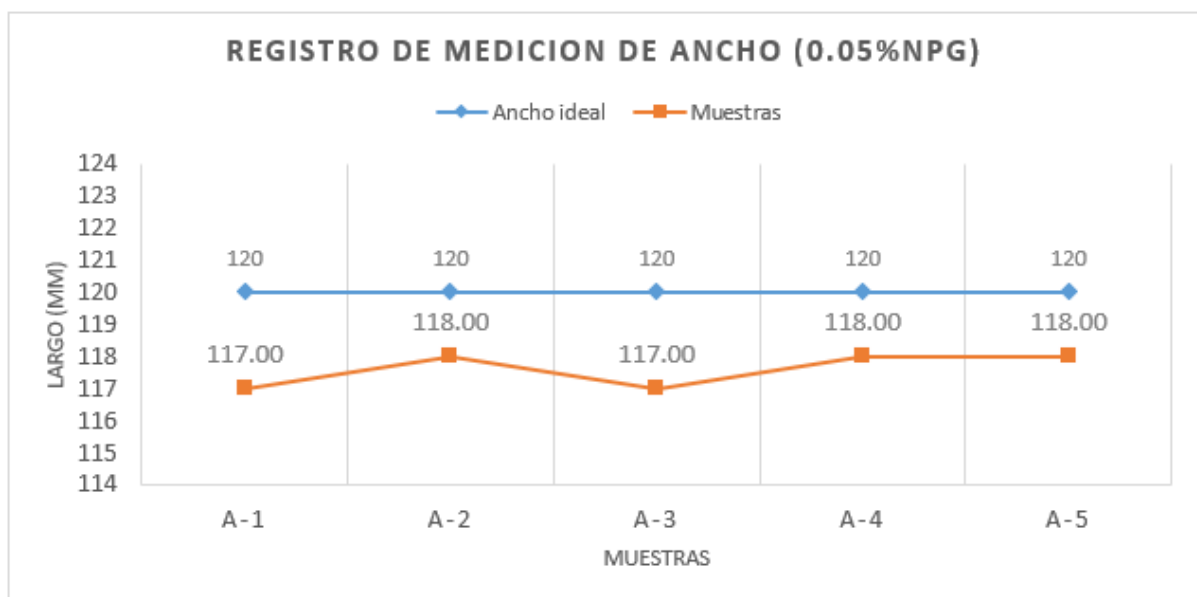
Se realiza las mediciones del ancho de los bloques de concreto patrón y adicionados de NPG, obteniendo los siguientes resultados:

Gráfico 14. Variación dimensional del ancho del bloque patrón



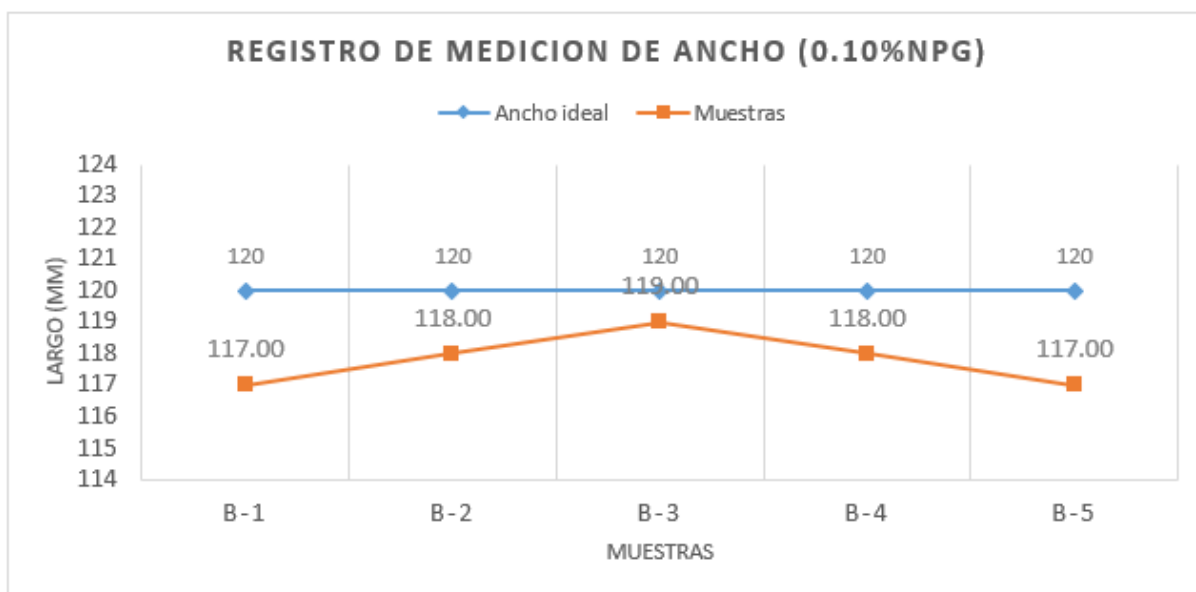
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 15. Variación dimensional del ancho del bloque adicionado 0.05% NPG



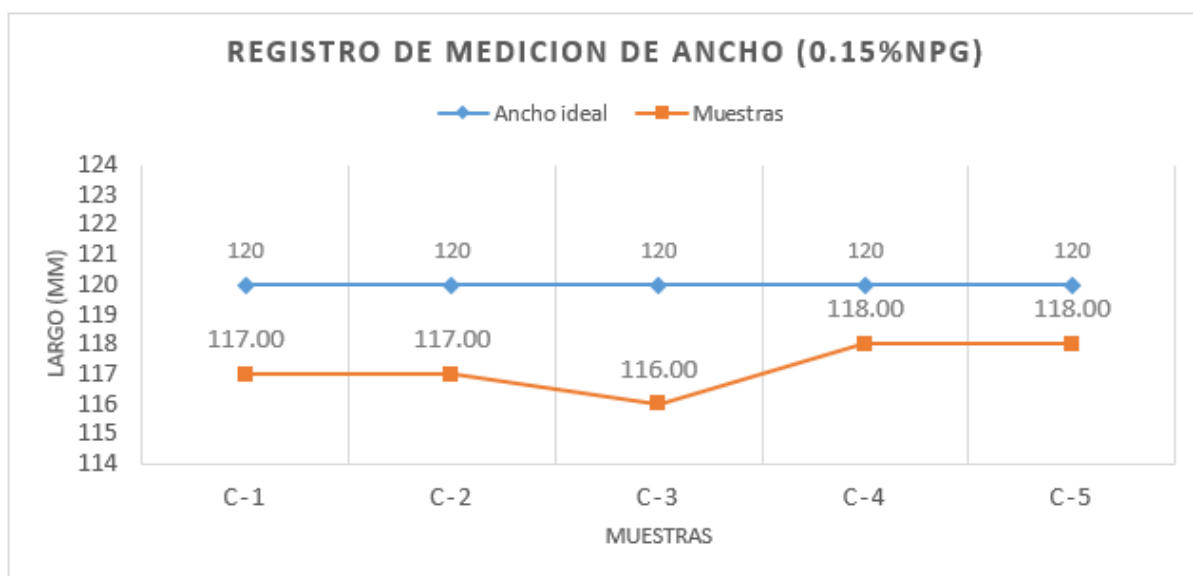
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 16. Variación dimensional del ancho del bloque adicionado 0.10% NPG



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 17. Variación dimensional del ancho del bloque adicionado 0.15% NPG



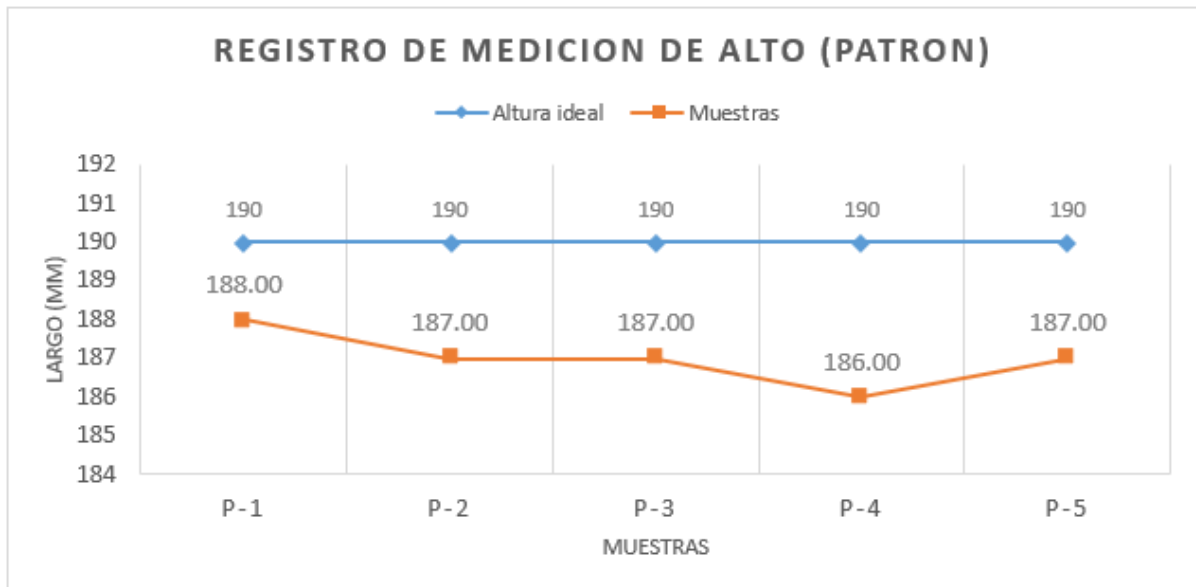
Fuente: Elaboración Propia.

En los Gráficos 14, 15, 16 y 17, se registra que las muestras patrón y adicionadas de 0.10% NPG presentan la menor variación dimensional, ambas con un valor promedio de 117.80 mm y una variación promedio de -2.20 mm, respecto al ancho ideal de 120 mm. Según la norma E.070, la variación de la dimensión en bloques de muros portantes no debe superar los $\pm 3\%$, lo cual indica que las muestras P-2 y C-3, se descartarían como unidad de albañilería de uso estructural.

Altura del bloque

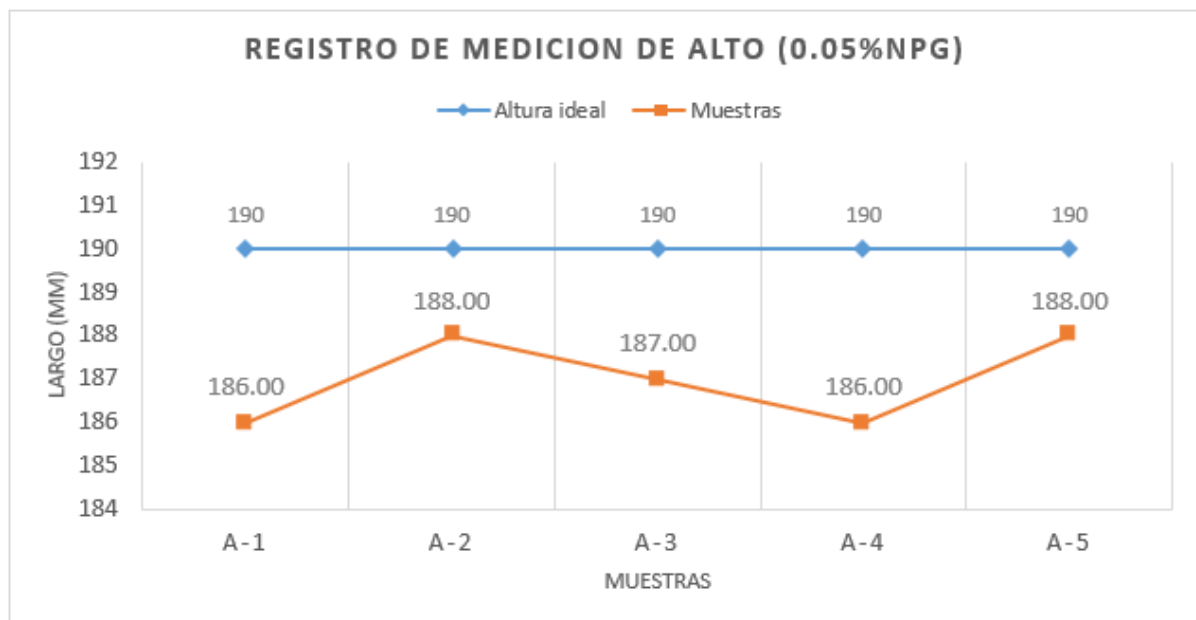
Se realiza las mediciones de la altura de los bloques de concreto patrón y adicionados de NPG, obteniendo los siguientes resultados:

Gráfico 18. Variación dimensional de altura del bloque patrón



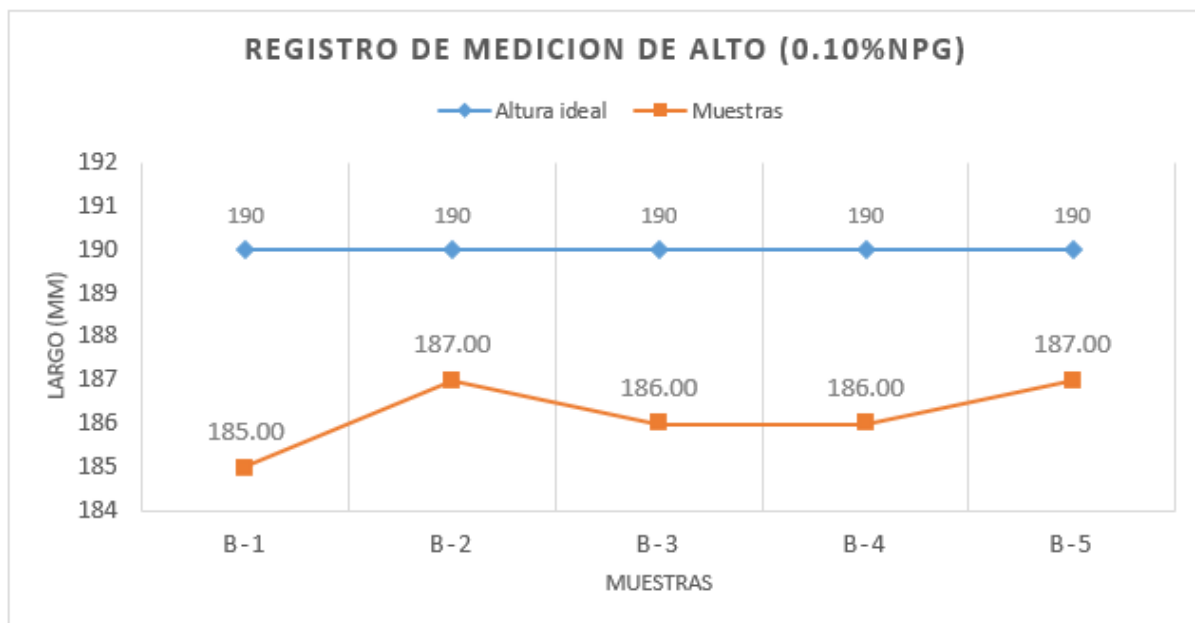
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 19. Variación dimensional de altura del bloque adicionado 0.05% NPG



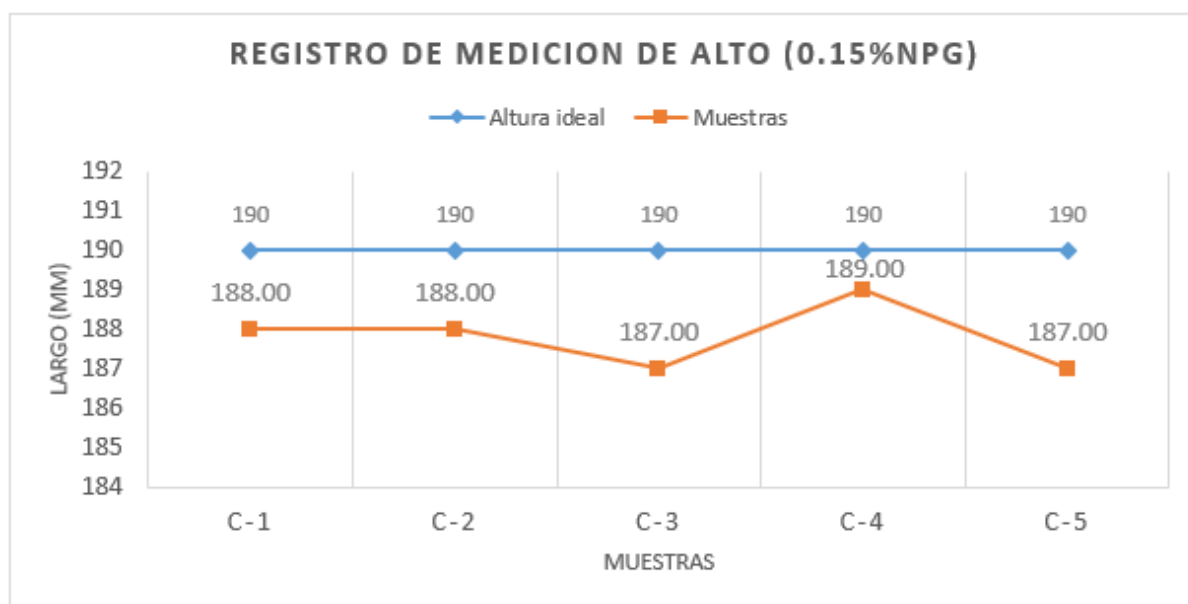
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 20. Variación dimensional de altura del bloque adicionado 0.10% NPG



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 21. Variación dimensional de altura del bloque adicionado 0.15% NPG



Fuente: Elaboración Propia.

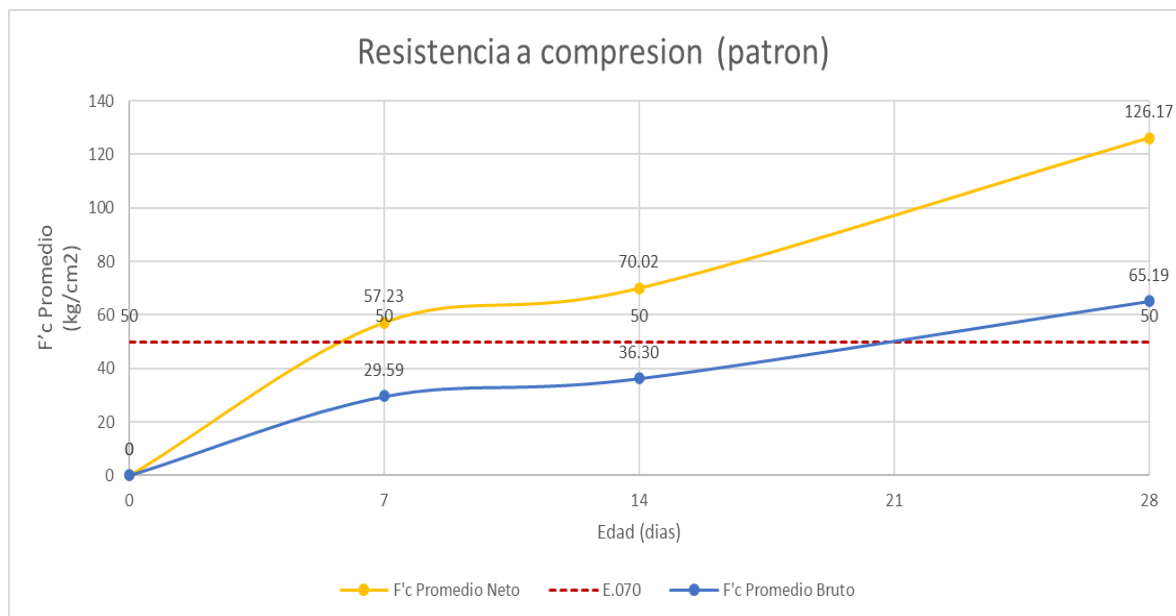
En los Gráficos 18, 19, 20 y 21, se evidencia que el bloque con menor variación dimensional es el diseño de 0.15% NPG con la muestra C-4 de 189 mm. Por otro lado, la muestra más alejada de la altura ideal es la muestra B-1, perteneciente a la dosificación 0.10% NPG, con un valor de 185 mm. De acuerdo con la norma E.070 la variación máxima es $\pm 2\%$, por lo cual el diseño 0.15% NPG cumple en todas sus muestras con el límite establecido.

Resistencia a la compresión de bloques de concreto

La resistencia a compresión se realiza como un requisito de calidad para que las unidades de bloques de concreto sean aptas como material de construcción en muros. En esta investigación se evaluaron las diversas adiciones en tres edades distintas con el objetivo de obtener mayores datos para determinar la mezcla con el mejor comportamiento.

Concreto Patrón

Gráfico 22. Resistencia a compresión promedio en bloques patrón y adicionados

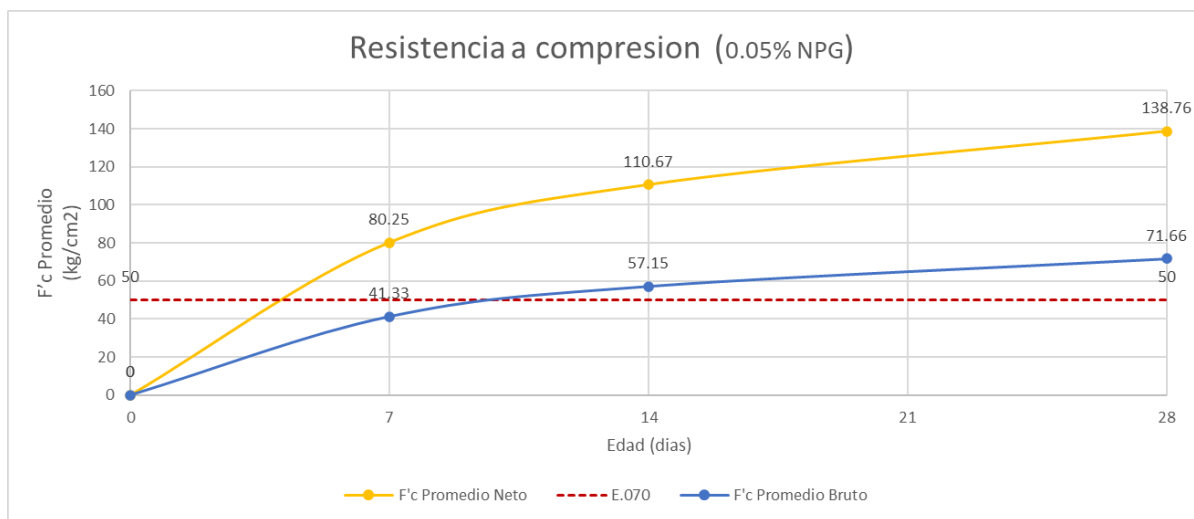


Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico, se evidencia que las resistencias a compresión a los 7, 14 y 28 días, cumplen con lo especificado por la Norma E.070, la cual indica que el requisito para un bloque de uso portante debe superar los 50 kg/cm² como mínimo, por lo que se pueden utilizar para muros portantes. La mayor resistencia a compresión promedio se alcanza a los 28 días con valores de 126.17 kg/cm² y 65.19 kg/cm² aplicados en área neta y área bruta.

Adición 0.05% NPG

Gráfico 23. Muestras de resistencia a compresión en bloques adicionando 0.05% NPG

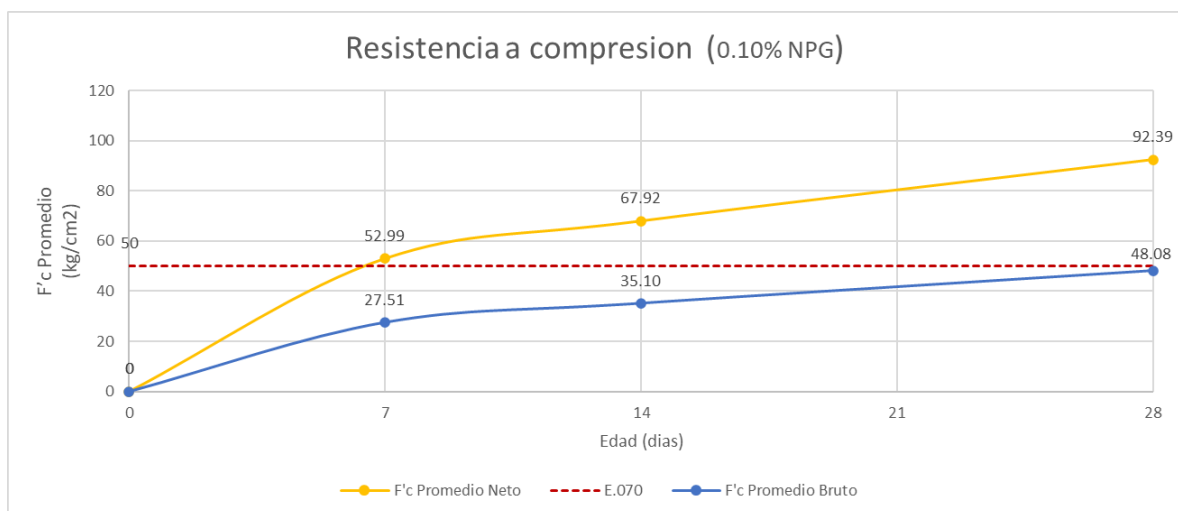


Fuente: Elaboración Propia.

En este gráfico 23, se evidencia que las resistencias netas a los 7, 14 y 28 días, cumplen con lo especificado por la Norma E.070, la cual indica que la resistencia a compresión mínima debe superar los 50 kg/cm² como mínimo, por lo que todas las muestras pueden ser utilizadas para la construcción de muros portantes. La mayor resistencia a compresión promedio se alcanza a los 28 días con valores de 138.76 kg/cm² y 71.66 kg/cm² aplicados en área neta y área bruta.

Adición 0.10% NPG

Gráfico 24. Muestras de resistencia a compresión en bloques adicionando 0.10% NPG

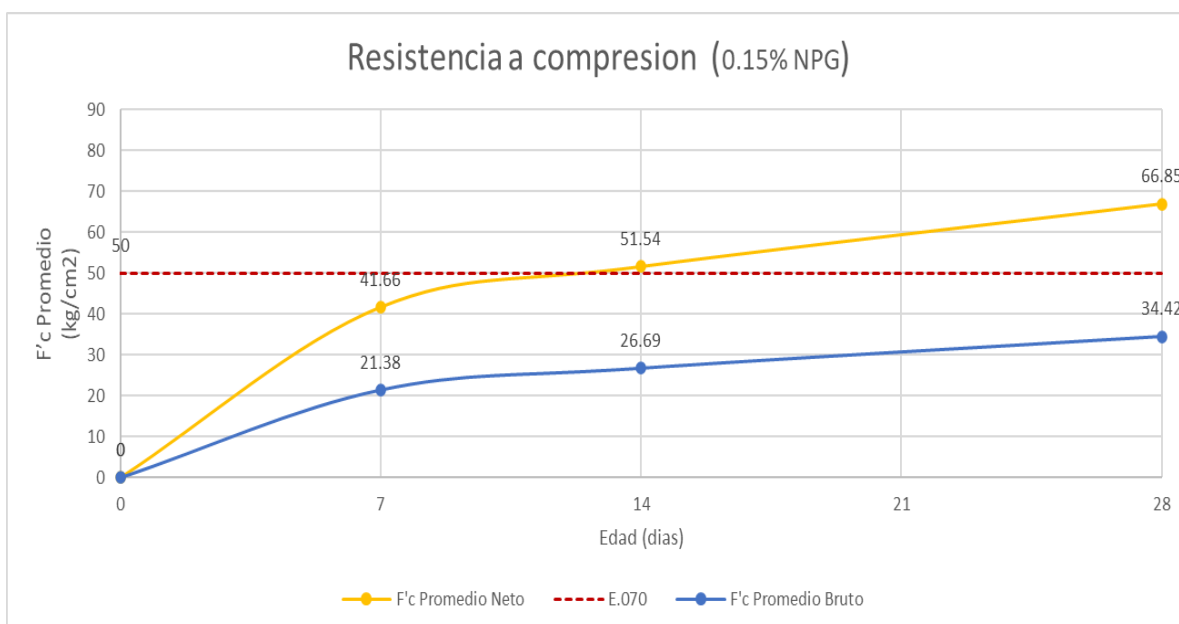


Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico 24, se observa que las resistencias netas a los 7, 14 y 28 días, cumplen con lo especificado por la Norma E.070 cumplen con lo especificado por la Norma E.070, la cual indica que el requisito para un bloque de uso portante debe superar los 50 kg/cm² como mínimo, por lo que todas las muestras pueden ser utilizadas para la construcción de muros portantes. La mayor resistencia a compresión promedio se alcanza a los 28 días con valores de 92.39 kg/cm² y 48.08 kg/cm² aplicados en área neta y área bruta.

0.15% NPG

Gráfico 25. Muestras de resistencia a compresión en bloques adicionando 0.15% NPG

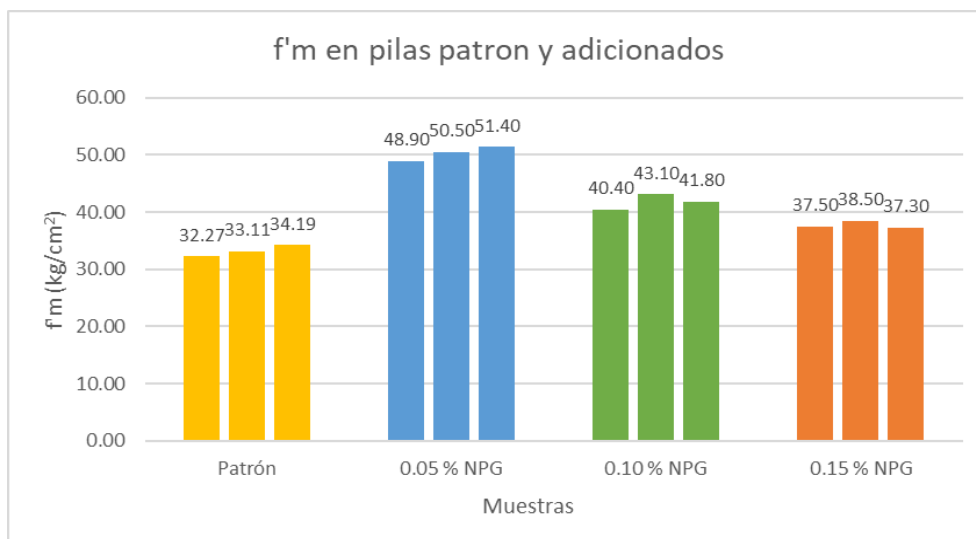


Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico 25, se observa que las resistencias netas a los 14 y 28 días, a excepción de la edad de 7 días de 41.65 kg/cm², cumplen con la resistencia mínima de 50 kg/cm² dado por la Norma E.070, por lo que son aptas para la construcción de muros portantes. La mayor resistencia a compresión promedio se alcanza a los 28 días con valores de 66.85 kg/cm² y 34.42 kg/cm² aplicados en área neta y área bruta.

Resistencia a la compresión en pilas

Gráfico 26. Muestras de resistencia a compresión en pilas de concreto patrón y adicionados



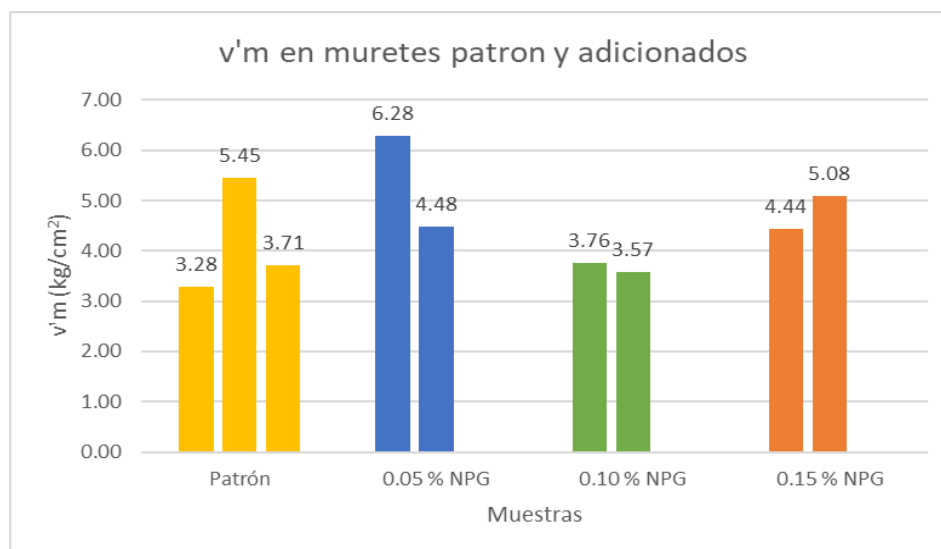
Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico 26 se logra observar que, la mayor resistencia a compresión en pilas es la muestra perteneciente a la adición de 0.05% de NPG con un valor de 51.40 kg/cm². Por otro lado, la menor resistencia pertenece a las muestras del bloque de concreto patrón con un valor de 32.27 kg/cm².

Resistencia a la compresión diagonal en muretes

Para obtener los resultados de este ensayo, se ensayaron los muretes siendo tres muestras de patrón y dos muestras por cada adición de NPG., obteniendo los siguientes resultados:

Gráfico 27. Muestras de resistencia a compresión diagonal en muretes de concreto patrón y adicionados



Fuente: Elaboración Propia.

En el Grafico 27, se observa que la mayor resistencia a compresión diagonal es el murete con adición de 0.05% de NPG con un valor de 6.28 kg/cm². Por otro lado, la resistencia más baja es el murete patrón con una resistencia de 3.28 kg/cm².

Ensayo de Durabilidad del concreto ante el ataque de sulfatos

Se realizó las mediciones de las barras dando los siguientes resultados:

Concreto Patrón

Tabla 23. Medición de longitud de las muestras patrón

Muestras Patron								
Muestra	Semana 0 (mm)	Semana 1 (mm)	Semana 2 (mm)	Semana 3 (mm)	Semana 4 (mm)	Semana 8 (mm)	Semana 13 (mm)	Semana 15 (mm)
P-1	2.417	2.415	2.415	2.423	2.422	2.432	2.438	2.442
P-2	2.412	2.411	2.411	2.425	2.42	2.432	2.441	2.447
P-3	2.411	2.414	2.414	2.422	2.426	2.437	2.44	2.444

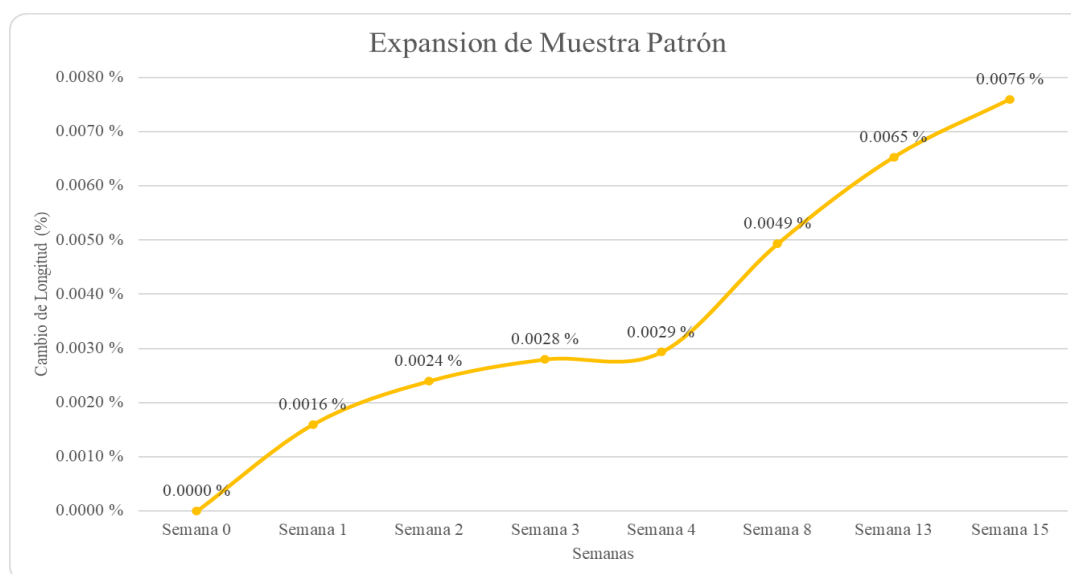
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24. Variación de longitud de muestras patrón

Muestras Patron							
Muestra	Semana 1, ΔLx (%)	Semana 2, ΔLx (%)	Semana 3, ΔLx (%)	Semana 4, ΔLx (%)	Semana 8, ΔLx (%)	Semana 13, ΔLx (%)	Semana 15, ΔLx (%)
P-1	0.0008	0.0016	0.0012	0.0012	0.0028	0.0044	0.0052
P-2	0.0012	0.0020	0.0040	0.0024	0.0048	0.0076	0.0092
P-3	0.0028	0.0036	0.0032	0.0052	0.0072	0.0076	0.0084

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 28. Variación de longitud promedio de muestras patrón



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico 28, se muestran los porcentajes de cambios de longitud de las barras patrón ensayadas en la semana 0, 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15, en esta última semana se obtuvo la mayor variación de longitud de 0.0076% respecto a la longitud inicial de la muestra.

Adición 0.05% NPG

Tabla 25. Medición de longitud de las muestras adicionadas de 0.05% de NPG.

Muestras 0.05% NPG							
Muestra	Semana 1, ΔLx (%)	Semana 2, ΔLx (%)	Semana 3, ΔLx (%)	Semana 4, ΔLx (%)	Semana 8, ΔLx (%)	Semana 13, ΔLx (%)	Semana 15, ΔLx (%)
P-1	-0.0008	0.0000	-0.0004	-0.0004	0.0012	0.0028	0.0036
P-2	-0.0008	0.0000	0.0016	0.0004	0.0028	0.0044	0.0072
P-3	0.0020	0.0028	0.0024	0.0044	0.0064	0.0068	0.0076
Promedio	0.0001	0.0009	0.0012	0.0015	0.0035	0.0047	0.0061

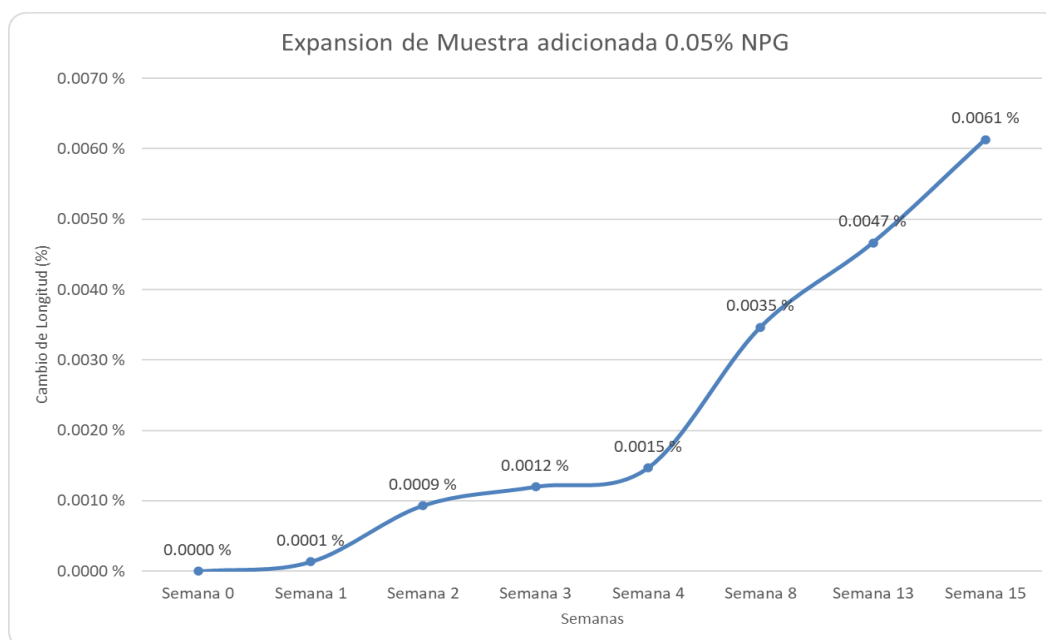
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 26. Variación de longitud de muestras adicionadas de 0.05% de NPG

Muestras 0.05% NPG								
Muestra	Semana 0 (mm)	Semana 1 (mm)	Semana 2 (mm)	Semana 3 (mm)	Semana 4 (mm)	Semana 8 (mm)	Semana 13 (mm)	Semana 15 (mm)
P-1	2.408	2.402	2.402	2.410	2.409	2.419	2.425	2.429
P-2	2.404	2.398	2.398	2.411	2.407	2.419	2.425	2.434
P-3	2.400	2.401	2.401	2.409	2.413	2.424	2.427	2.431

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 29. Variación de longitud en porcentajes de muestras patrón



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico 29, se muestran los porcentajes de cambios de longitud de las barras de mortero adicionadas de 0.05% de NPG ensayadas en la semana 0, 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15, en esta última semana se obtuvo la mayor variación de longitud de 0.0061% respecto a la longitud inicial de la muestra.

Evaluación de costos de producción

Se determinó el costo de producción que generó cada uno de los tipos de bloques de la presente investigación es decir el bloque tradicional con la mezcla patrón, los bloques con material alternativo. Para todos los bloques de concreto con adición de nanoplaquetas de grafeno se cotizaron de acuerdo con el peso del cemento a utilizar por unidad y por un millar. Previamente se calcularon las cantidades de materiales empleados por dosificación, ver Tabla 20, siendo utilizadas para evaluar el análisis de precios unitarios de cada uno de los especímenes

Cabe señalar que para la elaboración de este análisis de costos se consideró los precios actuales y con un rendimiento de 1000 unidades al día.

A continuación, se presenta el análisis de precios unitarios para los bloques de concreto patrón y adicionados de nanoplaquetas de grafeno fabricados en esta investigación.

Tabla 27. Costo unitario bloque de concreto patrón

Costo Unitario del Bloque de concreto Patrón						
Rendimiento:	1000 und/día		Total:		S/. 1401.00	mll
					S/. 1.50	und
Descripcion	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.Unitario	Parcial	Subtotal
Materiales						
Cemento Portland MS	Bls		38	S/. 28.00	S/. 1064.00	
Agua	m3		1.27	S/. 1.50	S/. 1.91	
Arena Gruesa	m3		4.10	S/. 50.00	S/. 204.75	
Confitillo	m3		3.23	S/. 40.00	S/. 129.26	
						S/. 1399.92
Mano de Obra						
Operario	hh	1	0.008	S/. 23.44	S/. 0.19	
Peon	hh	3	0.024	S/. 16.76	S/. 0.40	
						S/. 0.73
Equipo y herramientas						
Mezcladora de Concreto	día	1	0.008	S/. 20.00	S/. 0.16	
Maquina vibradora	día	1	0.008	S/. 15.00	S/. 0.12	
Herramientas manuales	%M.O.		3.00%	S/. 1.55	S/. 0.05	
						S/. 0.33

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 28. Costo unitario bloque de concreto adicionado 0.05% NPG

Costo Unitario del Bloque de concreto con 0.05% NPG						
Rendimiento:	1000 und/día		Total:		S/. 1750.40	mll
					S/. 1.80	und
Descripcion	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.Unitario	Parcial	Subtotal
Materiales						
Cemento Portland MS	Bls		38	S/. 28.00	S/. 1064.00	
Agua	m3		1.27	S/. 1.50	S/. 1.91	
Arena Gruesa	m3		4.10	S/. 50.00	S/. 204.75	
Confitillo	m3		3.23	S/. 40.00	S/. 129.26	
Nanoplaqueta de grafeno	kg		0.79	S/. 440.00	S/. 348.75	
						S/. 1748.67
Mano de Obra						
Operario	hh	2	0.016	S/. 23.44	S/. 0.38	
Peon	hh	4	0.032	S/. 16.76	S/. 0.54	
						S/. 0.91
Equipo y herramientas						
Maquina de ultrasonidos	día	1	0.008	S/. 60.00	S/. 0.48	
Mezcladora de Concreto	día	1	0.008	S/. 20.00	S/. 0.16	
Maquina vibradora	día	1	0.008	S/. 15.00	S/. 0.12	
Herramientas manuales	%M.O.		3.00%	S/. 1.55	S/. 0.05	
						S/. 0.81

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 29. Costo unitario bloque de concreto adicionado 0.10% NPG

Costo Unitario del Bloque de concreto con 0.10% NPG						
Rendimiento:	1000 und/día		Total: S/.		S/. 2099.20	mll
					S/. 2.10	und
Descripcion	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.Unitario	Parcial	Subtotal
Materiales						
Cemento Portland MS	Bls		38	S/. 28.00	S/. 1064.00	
Agua	m3		1.27	S/. 1.50	S/. 1.91	
Arena Gruesa	m3		4.10	S/. 50.00	S/. 204.75	
Confitillo	m3		3.23	S/. 40.00	S/. 129.26	
Nanoplaqueta de grafeno	kg		1.59	S/. 440.00	S/. 697.49	
						S/. 2097.41
Mano de Obra						
Operario	hh	2	0.016	S/. 23.44	S/. 0.38	
Peon	hh	4	0.032	S/. 16.76	S/. 0.54	
						S/. 0.91
Equipo y herramientas						
Maquina de ultrasonidos	día	1	0.008	S/. 60.00	S/. 0.48	
Mezcladora de Concreto	día	1	0.008	S/. 20.00	S/. 0.16	
Maquina vibradora	día	1	0.008	S/. 15.00	S/. 0.12	
Herramientas manuales	%M.O.		3.00%	S/. 1.55	S/. 0.05	
						S/. 0.81

Fuente: Elaboración Propia.

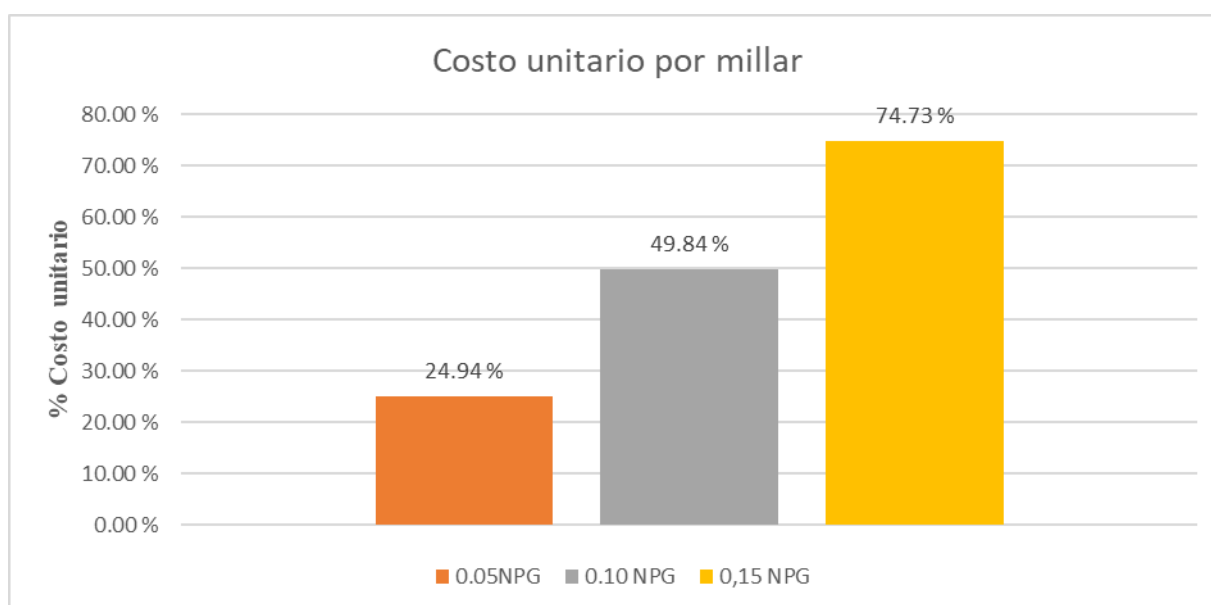
Tabla 30. Costo unitario bloque de concreto adicionado 0.15% NPG

Costo Unitario del Bloque de concreto con 0.15% NPG						
Rendimiento:	1000 und/día		Total: S/.		S/. 2447.90	mll
Descripcion	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.Unitario	Parcial	Subtotal
Materiales						
Cemento Portland MS	Bls		38	S/. 28.00	S/. 1064.00	
Agua	m3		1.27	S/. 1.50	S/. 1.91	
Arena Gruesa	m3		4.10	S/. 50.00	S/. 204.75	
Confitillo	m3		3.23	S/. 40.00	S/. 129.26	
Nanoplaqueta de grafeno	kg		2.38	S/. 440.00	S/. 1046.24	
						S/. 2446.16
Mano de Obra						
Operario	hh	2	0.016	S/. 23.44	S/. 0.38	
Peon	hh	4	0.032	S/. 16.76	S/. 0.54	
						S/. 0.91
Equipo y herramientas						
Maquina de ultrasonidos	día	1	0.008	S/. 60.00	S/. 0.48	
Mezcladora de Concreto	día	1	0.008	S/. 20.00	S/. 0.16	
Maquina vibradora	día	1	0.008	S/. 15.00	S/. 0.12	
Herramientas manuales	%M.O.		3.00%	S/. 1.55	S/. 0.05	
						S/. 0.81

Fuente: Elaboración Propia.

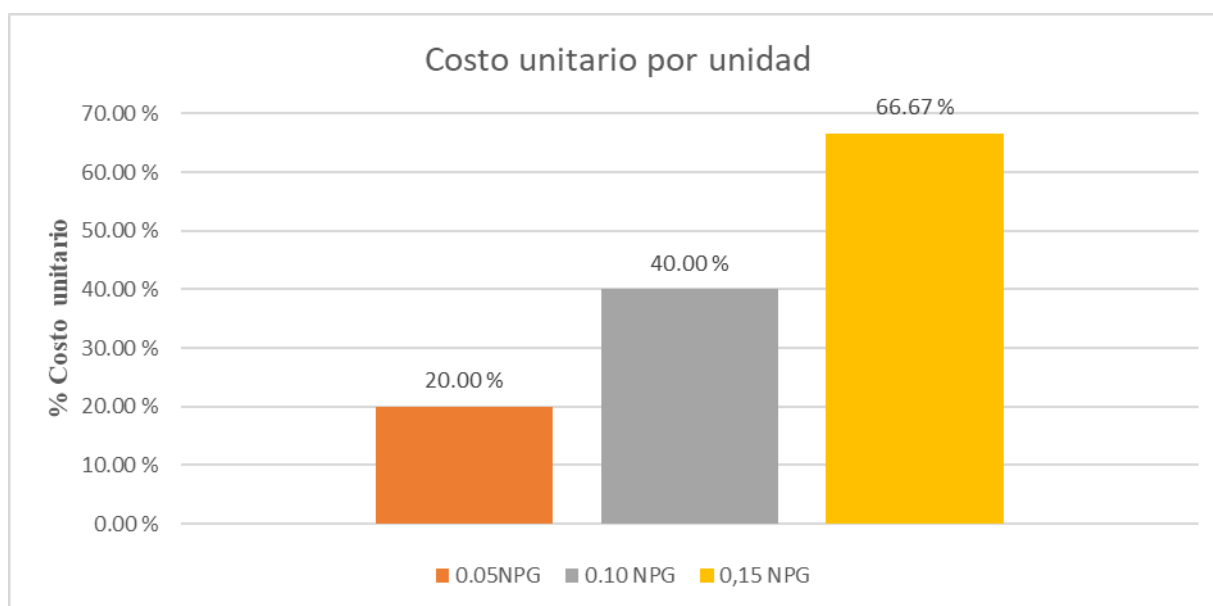
En la Tabla 25, 26, 27 y 28 se evidencia que los precios de los bloques de concreto patrón son de S/. 1.50 y S/. 1401.00 por unidad y millar, respectivamente. Por otro lado, en las mezclas adicionadas tenemos que la más económica sería la muestra de 0.05% NPG con un precio de S/. 1.80 por unidad, y S/. 1750.40 por millar.

Gráfico 30. Análisis de costo unitario por millar en bloque de concreto patrón y adicionados de NPG.



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 31. Análisis de costo unitario por unidad en bloque de concreto patrón y adiconados de NPG.



Fuente: Elaboración Propia.

En los gráficos 30 y 31, se muestran los análisis de costo unitario por millar y por unidad de bloques de concreto adiconados de NPG.

Posteriormente de realizar los costos unitarios tanto de los bloques convencionales y adiconados, se realizó una cotización de los bloques comerciales a nivel nacional sin IGV para definir la rentabilidad de la unidad de albañilería

Tabla 31. Costos del bloque de concreto convencional en el mercado sin IGV.

Costos del bloque convencional en el mercado sin IGV			
Precio \ Empresa	ORO NEGRO	CEMENTOS PACASMAYO	NORBLOCK
Por Millar	S/. 2296.00	S/. 2279.60	S/. 1804.00
Por Unidad	S/. 2.30	S/. 2.28	S/. 1.80

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 31, se muestran los precios sin IGV por empresas de prefabricados nacionales del bloque convencional, por millar y por unidad.

DISCUSION

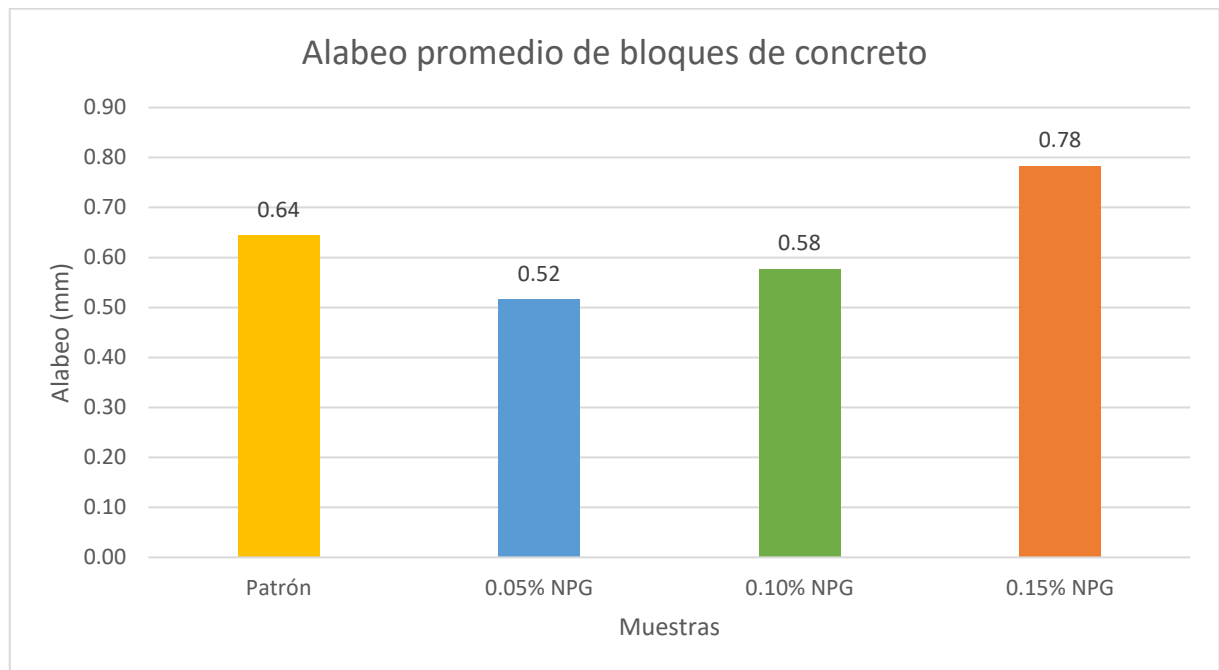
En los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de concreto convencionales y adicionados, se demuestra que las adiciones de nanoplaquetas de grafeno optimizan las propiedades de los bloques de concreto convencionales. Debido a que las muestras de 0.05%, 0.10% y 0.15% de NPG presentan una disminución del porcentaje de absorción en 85.88%, 56.03% y 54.65%, respecto al bloque de concreto patrón; por otro lado, la resistencia a compresión a los 28 días de la muestra de 0.05% de NPG aumenta en 9.98%, no obstante, las muestras de 0.10% y 0.15% de NPG disminuyen en 26.77% y 47.02%, con respecto al bloque de concreto patrón. Por lo cual, la optimización de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de concreto aumentará en porcentajes inferiores al 0.05% de NPG.

Respecto a la caracterización de los componentes de los bloques de concreto, se evidencia que las curvas granulométricas dadas en los gráficos 1 y 2 de los agregados finos y gruesos, respectivamente, cumplen con los requisitos granulométricos de la norma NTP 400.037; además el módulo de fineza de la arena gruesa es 2.869 ubicándose entre 2.3 y 3.1, las cuales son los límites permisibles de la norma NTP 400.012. De tal manera, se interpreta que las muestras de arena gruesa y confitillo son aptas para emplearlas en la elaboración de los bloques de concreto.

Respecto a la aplicación de nanoplaquetas de grafeno en la mezcla de concreto, en el gráfico 13 se muestran los resultados del porcentaje de aglomeración para la dispersión por ultrasonidos de los NPG durante un tiempo de dispersión de 20, 40 y 60 minutos, se demuestra que la aglomeración al 100% se da en un tiempo de 120, 140 y 180 minutos posterior a la dispersión, respectivamente. De ello se infiere que, el tiempo de dispersión por ultrasonidos de NPG es proporcional a su tiempo de aglomeración, siendo la muestra dispersada durante 60 minutos la más adecuada en la elaboración de bloques de concreto.

Respecto a los gráficos de alabeo, el mayor alabeo fue la muestra C-3 con un valor de 1.67 mm perteneciente a la adición de 0.15% de NPG, por lo tanto, se demostró que las adiciones de NPG cumplen el requisito para clasificarse como unidad de albañilería de uso estructural, ya que sus resultados son menores al alabeo máximo de ± 4 mm indicado en la norma E.070. De esta manera los bloques de concreto adicionados de 0.05%, 0.10% y 0.15% de NPG pueden utilizarse en la construcción de muros portantes.

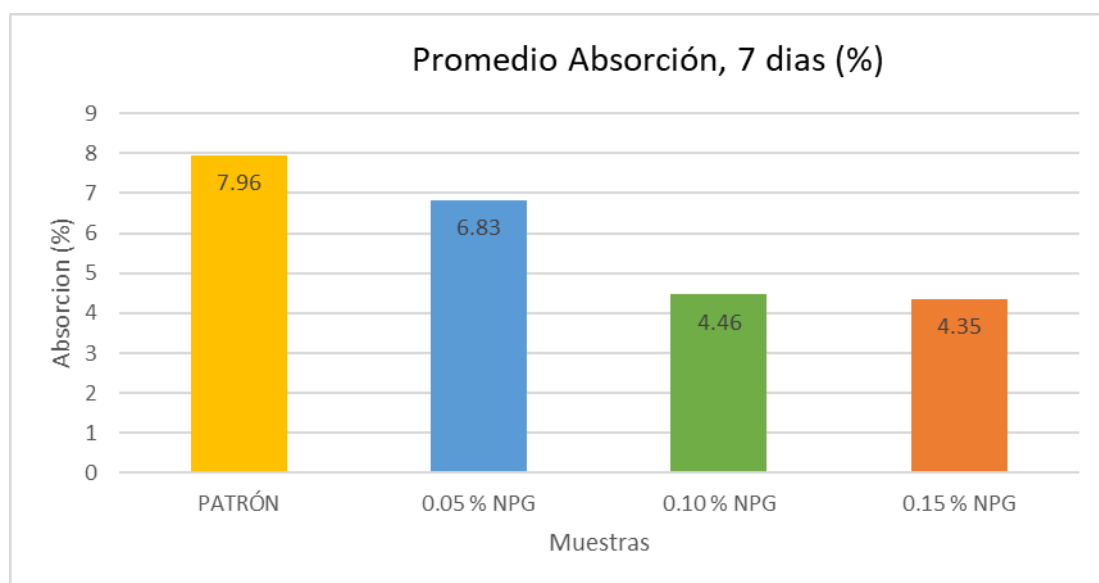
Gráfico 32. Alabeo promedio de bloques de concreto patrón y adicionados.



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico 30, las muestras de 0.05% y 0.10% de NPG mostraron una disminución del alabeo de 0.12 mm y 0.06 mm, respectivamente, mientras que la adición de 0.15% de NPG demuestra un aumento del alabeo de 0.14 mm, respecto al bloque de concreto patrón. De ello se infiere que los porcentajes de adición inferiores al 0.10% de NPG presentarán menor alabeo que el bloque de concreto patrón.

Gráfico 33. Absorción promedio de bloques de concreto patrón y adicionados

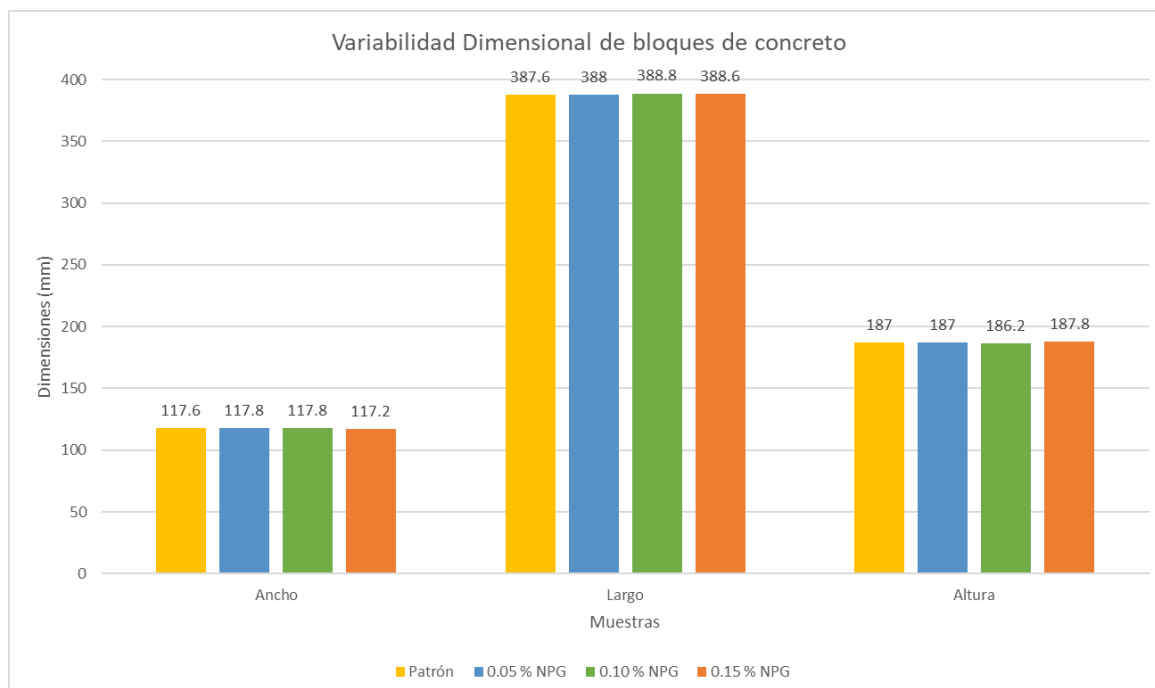


Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico 31, en la medición de la absorción los porcentajes de 0.05%, 0.10% y 0,15% de NPG, presentaron una disminución de la absorción con un valor promedio de 6.83%, 4.46% y 4.35% respectivamente. De ello, se infiere que a mayor porcentaje de adición de NPG se presentará menor permeabilidad del agua en el bloque de concreto

En cuanto al gráfico 9 del ensayo de densidad, los porcentajes de 0.05%, 0.10% y 0,15% de nanoplaquetas de grafeno presentaron mayor densidad que los bloques de concreto patrón con valores de 2522.57 kg/cm^3 , 2579.89 kg/cm^3 y 2582.82 kg/cm^3 , respectivamente. Se evidencia que los bloques adicionados tienden a ser más densos conforme se aumente los porcentajes de adición de nanoplaquetas de grafeno. Por lo tanto, en los procesos de construcción de muros se tendrá mayores dificultades al ser un material más pesado que el bloque de concreto patrón.

Gráfico 34. Variabilidad dimensional de ancho, largo y altura de los bloques de concreto



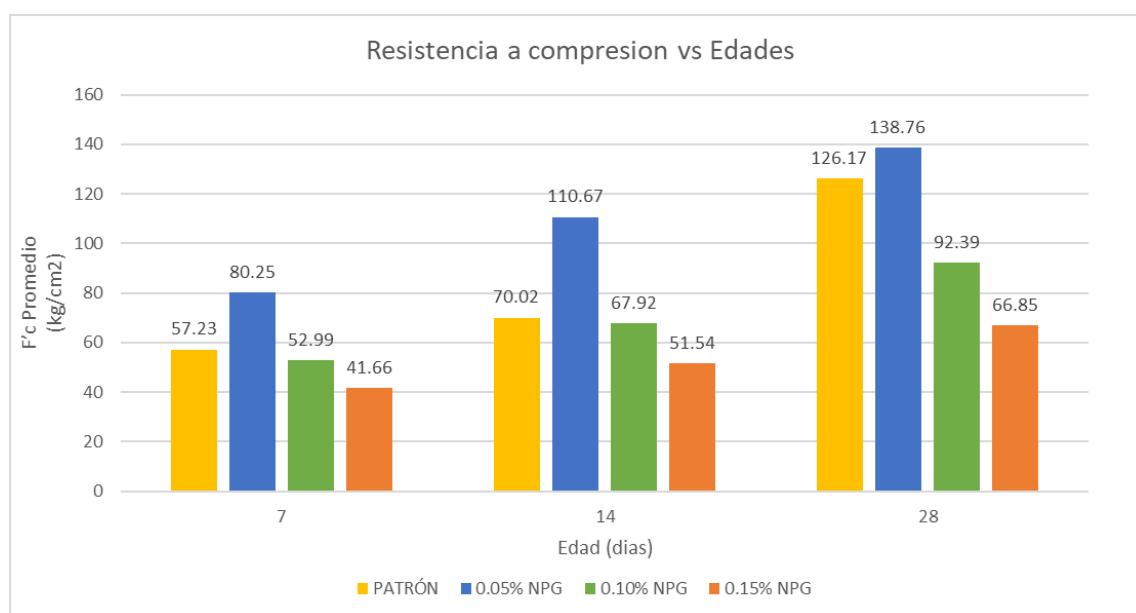
Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico 32, se nos indica que la variación dimensional de los bloques de concreto adicionando NPG, en el ancho del bloque, presentan una disminución de la dimensión respecto al bloque patrón; en el largo, las adiciones aumentan su dimensión respecto al bloque patrón; y en la altura, solo la adición de 0.10% de NPG presenta una disminución de la dimensión.

De acuerdo con la norma E.070, para clasificar a un bloque de uso estructural por su variación dimensional dependerá de si supera los límites máximos para las dimensiones en

su ancho, largo y altura del $\pm 2\%$, $\pm 2\%$ y $\pm 3\%$, respectivamente, estos valores indican la variación en porcentaje con respecto a la dimensión ideal o de diseño de cada dimensión. Respecto a ello, los bloques de concreto patrón y adicionados son inferiores en las dimensiones de ancho, largo y alto, al porcentaje máximo de variación de la dimensión, de esta manera se clasifican como bloques de uso estructural.

Gráfico 35. Resistencia a compresión de bloques de concreto patrón y adicionados de NPG



Fuente: Elaboración Propia.

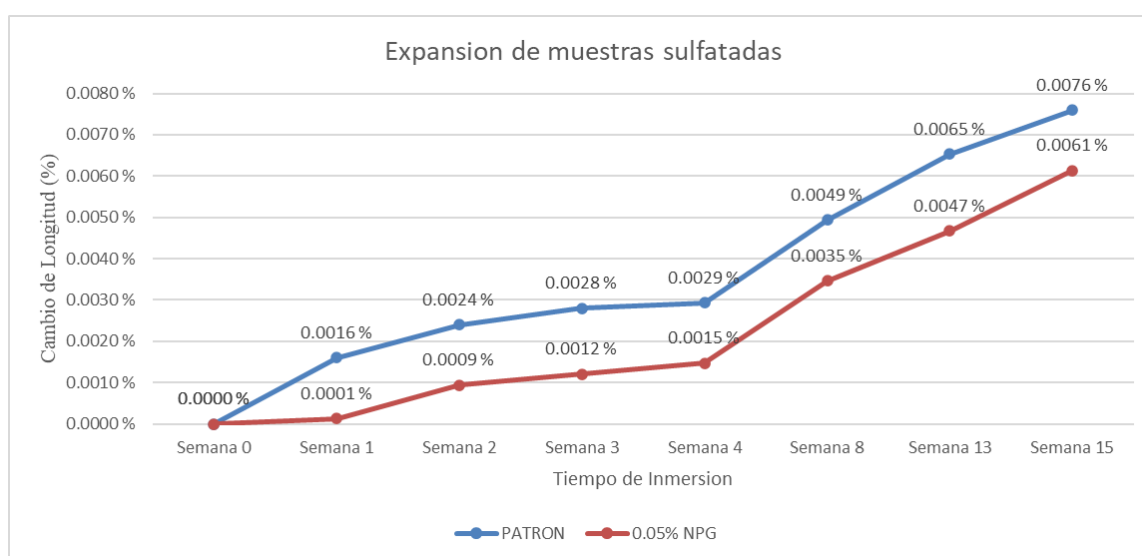
Según la E.070, indica que la resistencia de bloques de concreto para uso estructural debe superar los 50 kg/cm^2 , de acuerdo con el Gráfico 35, las muestras patrón y adicionados con 0.05%, 0.10% y 0.15% de NPG cumplen con lo establecido en la norma, a excepción de la muestra de adición de 0.15% de NPG en la edad de 7 días. A su vez, se demuestra que las adiciones de 0.05% de NPG supera la resistencia a compresión de la muestra patrón en las 3 edades de curado, demostrando que a menor porcentaje de adición de nanoplaquetas de grafeno se obtendrá mejores resultados en la resistencia a compresión de un bloque de concreto.

El gráfico 26, indica que las adiciones de 0.05% de NPG tienen la resistencia a compresión en pilas más elevada entre las muestras diseñadas, demostrando que a menor porcentaje de adición de nanoplaquetas de grafeno en bloques de concreto se obtendrá mayores resistencias. Por otro lado, según la E.070, se indica que en caso de no realizarse el ensayo de prismas se deberán tomar la resistencia característica de 120.00 kg/cm^2 para pilas,

demostrando que las pilas de concreto patrón y adicionadas de NPG son inferiores a la resistencia característica.

Según la norma E.070, en caso de no realizarse el ensayo de prismas se podrá emplear el valor de 10.90 kg/cm^2 como resistencia característica de muretes, según los resultados del Grafico 27, los muretes patrón y adicionados de nanoplaquetas de grafeno son inferiores a la resistencia característica de la norma. Por otro lado, los muretes realizados con la adición de 0.10% presentan la menor resistencia a compresión diagonal, siendo los más aptos para soportar las cargas sísmicas.

Gráfico 36. Variación de longitud promedio de muestras patrón y adicionadas



Fuente: Elaboración Propia.

En el grafico 36, se demuestra que la adición de 0.05% de NPG disminuye la variación longitudinal en contraste con las muestras patrón, con una diferencia en porcentaje de 0.0015%, en la semana 15. Por lo tanto, el concreto con adición de NPG expuesto a un ataque de sulfatos tendrá mayor durabilidad que un concreto patrón.

Respecto a la evaluación económica, los resultados demuestran un incremento de costo unitario por millar y unidad de bloques de concreto con adición de NPG, en contraste con el bloque patrón, siendo el costo más elevado la adición de 0,15% de NPG con un aumento de con respecto al patrón del 74.73% y 66.67%, por millar y por unidad, respectivamente.

Por otro lado, realizando la comparativa con los precios de empresas nacional, ver tabla 31, se puede evidenciar que los precios de los bloques adicionados son comerciales en el mercado peruano. Siendo de entre ellas el bloque con adición de 0.05% de NPG, la muestra que representa el menor costo en el mercado.

CONCLUSIONES

- Según los resultados de propiedades físicas y mecánicas, se concluye que los bloques de concreto con adiciones de nanoplaquetas de grafeno son superiores a los bloques de concreto convencionales, lo cual justifica la innovación de materiales nanotecnológicos aplicados en el campo de la construcción.
- Se establece que los agregados finos para los bloques de concreto se encuentran dentro del rango módulo de fineza, lo cual permite reducir el porcentaje de vacíos del concreto. Así mismo, en los agregados gruesos el tamaño máximo nominal es de $\frac{1}{4}$ ", lo cual permite una reducción de los poros en la elaboración del bloque de concreto. Respecto a la adición de nanoplaquetas de grafeno se constituyen de partículas desde 3.00 mm hasta 0.70 mm, concluyendo que, no afectan en la elaboración del concreto al presentar menor granulometría que el agregado fino.
- Según los resultados de la dispersión ultrasónica de las nanoplaquetas de grafeno determinaron que a mayor tiempo de dispersión aumentará el tiempo de aglomeración de las partículas. Esto indica que, las nanoplaquetas de grafeno dispersadas en largo periodos de tiempos se aplicaran con más facilidad a la mezcla de concreto.
- Evaluando las propiedades físicas, se concluye que las adiciones de nanoplaquetas de grafeno presentan una optimización respecto al bloque de concreto convencional, ya que, el alabeo de la adición con 0,05% de NPG disminuyó en un 6%, y la absorción de las adiciones de 0,05%, 0,10% y 0,15% de NPG disminuyó en un 14%, 44% y 45%. Sin embargo, las propiedades de densidad y variación dimensional aumentaron, lo cual afectará en el proceso constructivo de muros estructurales. A su vez, se infiere que al construir muros estructurales con estas unidades aumentara la durabilidad de estos en climas de extrema humedad.
- Evaluando las propiedades mecánicas, se concluye que las adiciones de nanoplaquetas de grafeno presentan mejores características respecto a los bloques de concreto convencionales, debido a que, se aumentó la resistencia a compresión del bloque adicionado con 0,05% de NPG en un 10%; en la resistencia a compresión de pilas se aumentó un 51%, 26% 14% para las muestras de 0,05%, 0,10% y 0,15% de NPG; y en la resistencia a compresión diagonal de muretes se incrementó un 30% y 15% para las adiciones de 0,05% y 0,15% de NPG. Además, esto indica que las unidades tendrán un

mejor comportamiento estructural ante elevadas cargas de gravedad y sísmicas a las que se someten las viviendas.

- Los resultados de durabilidad ante el ataque de sulfatos determinaron que la adición de nanoplaquetas de grafeno reduce la variación longitudinal en 25% respecto al concreto convencional. Esto indica que, el concreto con esta adición es capaz de soportar los ambientes agresivos y no sufrir elevadas deformaciones.
- Se concluye que el costo de producción de los bloques de concreto adicionados de NPG es mayor que un bloque convencional, ya que, aumentaron sus precios en 20%, 40% y 67% para las adiciones de 0,05%, 0,10% y 0,15% de NPG, respecto al bloque de concreto convencional. Sin embargo, al menorar los porcentajes de adición se optimizarán las propiedades del bloque y se obtendrán menores costos del material, siendo considerado como una unidad adecuada para las viviendas.
- La mejor dosificación, en términos técnicos y económicos, son los bloques adicionando 0.05% de NPG, la cual obtuvo las mayores resistencias a compresión de unidad, pilas y muretes, además, disminuyó el alabeo, absorción y variación dimensional respecto al bloque de concreto patrón, así mismo, en lo económico presentó el menor costo unitario de entre las adiciones de NPG.

RECOMENDACIONES

- ✓ En la manipulación de nanoplaquetas de grafeno usar EPPs (guantes quirúrgicos, lentes y mascarilla), debido a que es un material altamente volátil y podría ingresar en los poros de la piel, vías nasales, causando cualquier riesgo de enfermedades.
- ✓ Aplicar un control de calidad riguroso para las adiciones de NPG aplicadas en bloques de concreto, durante todo el proceso de aplicación desde el almacenamiento hasta el mezclado.
- ✓ Realizar el ensayo de dispersión con una máquina de ultrasonidos de mayor dimensión, ya que el número de especímenes a dispersar presentaban un límite de cuatro durante 60 minutos, por lo que se podría mejorar el rendimiento de bloques al día.
- ✓ Controlar que la dispersión de ultrasonidos se mantenga en temperatura ambiente entre 20°C a 30 °C, ya que podría afectar las propiedades de la muestra.
- ✓ Se recomienda que una vez dispersadas las muestras se adicionen inmediatamente al mezclado del concreto, ya que al dejarlo mucho tiempo en reposo disminuirán su temperatura y se sedimentarán.
- ✓ Aplicar otros métodos de dispersión que mantengan la eficiencia y no alteren las características de las nanoplaquetas de grafeno.
- ✓ Realizar estudio con otros nanomateriales aplicados a los bloques de concreto que presenten características similares o inclusive mejores que las nanoplaquetas de grafeno.
- ✓ Estudiar el comportamiento de nanoplaquetas de grafeno en otros materiales prefabricados de concreto que se sometan a elevadas cargas como los adoquines.
- ✓ Evaluar y comparar el comportamiento de bloques de concreto con un cemento Portland para distintas resistencias de diseño, y en caso de reafirmarse los datos de la presente investigación realizar una evaluación económica, de esta forma se incluirán nuevas alternativas de unidades de albañilería económicas.

REFERENCIAS

- [1] A. J. Acosta Jiménez, *La nanotecnología: El mundo de las máquinas a escala nanométrica*, Barcelona: RBA Libros, 2019.
- [2] Comisión Económica para América Latina y el Caribe, «Terremoto en Chile. Una primera mirada al 10 de marzo de 2010,» Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2010.
- [3] Cámara Peruana de la Construcción, *Construyendo formalidad*, Lima: CAPECO.
- [4] Mongobay, «Mongobay,» Openweb, 21 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://es.mongabay.com/2017/12/peru-la-furia-nino-costero-2017/>. [Último acceso: 02 Junio 2022].
- [5] Á. San Bartolomé, «Manual de construcción, estructuración y predimensionamiento en albañilería armada hecha con bloques de concreto vibrado,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2008.
- [6] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, *NORMA TÉCNICA E.070 - ALBAÑILERÍA*, Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- [7] Instituto Nacional de Estadística e Informática, *Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares*, Lima: INEI, 2018.
- [8] C. G. N. Marcondes, M. H. F. Medeiros y J. Marques Fil, «Nanotubos de carbono en concreto de cemento Portland. Influencia de la dispersión en las propiedades mecánicas y en la absorción de agua,» *ALCONPAT*, vol. 5, n° 2, pp. 97-114, 2015.
- [9] E. A. Navarro Jiménez y H. Forero Romero, *Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono*, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- [10] M. Kaur, K. Murari y G. Singh, «Influence of Multi-walled carbon nanotubes on mechanical properties of cement concrete,» *IOPScience*, 2020.
- [11] J. Gong, L. Lin y S. Fan, «Modification of cementitious composites with graphene oxide and carbon nanotubes,» *Springer Nature*, 2020.
- [12] M. Karakouzian, V. Farhangi, M. Ramezani Farani, A. Joshaghani, M. Zadehmohamad y M. Ahmadzadeh, «Mechanical Characteristics of Cement Paste in the Presence of Carbon Nanotubes and Silica Oxide Nanoparticles: An Experimental Stud,» *MDPI*, 2021.

- [13] Y. TANG y J. GOU, «Morphology, electrical conductivity of novel graphite nanoplatelets-carbon nanotube hybrid nanopaper,» American Society of Civil Engineers, Orlando, 2010.
- [14] E. Shamsaei, F. Basquiroto de Souza, X. Yao, E. Benhelal, A. Akbari y W. Duan, «Graphene-based nanosheets for stronger and more durable concrete: A review,» *Construction and Building Materials*, vol. 183, pp. 642-660, 2018.
- [15] . D. Sanglakpam Chiranjikumari y K. Rizwan Ahmad, «Effect of Sulfate Attack and Carbonation in Graphene Oxide-Reinforced Concrete Containing Recycled Concrete Aggregate,» American Society of Civil Engineers, 2020.
- [16] T. Tong, Z. Fan, Q. Liu, S. Wang y Q. Yu, «Investigation of the Effects of Graphene on the Micro- and Macro-Properties of Cementitious Materials,» American Society of Civil Engineers, 2015.
- [17] V. Á. Apaza Mango y K. M. Quispe Mamani, *Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono*, Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018.
- [18] L. Choque Flores, *Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210$ kg/cm², agregando grafeno*, Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal, 2021.
- [19] H. Ccopa Mamani, *Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto*, Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017.
- [20] INDECOPI, «NTP 339.602-Unidades de Albañilería. Bloques de concreto para uso estructural,» INDECOPI, Lima, 2002.
- [21] A. San Bartolome, D. Quiun y W. Silva, *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*, Lima: Pontificia Universidad Católica, 2018.
- [22] PACASMAYO S.A., «pacasmayoprofesional,» [En línea]. Available: <https://panel.construproductos.com/filespdf/cemento-fortimax-60f6f5494b703.pdf>. [Último acceso: 11 Junio 2022].
- [23] INDECOPI, *NTP 334.009-Cemento Portland. Requisitos*, Lima, 2005.
- [24] INDECOPI, *NTP 339.090-CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos*, 2013.
- [25] INDECOPI, *NTP 400.037-AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos*, 2018.


- [26] INDECOPI, *NTP 339.088-CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*, 2006.
- [27] PACASMAYO S.A., «CementoPacasmayo,» Pacasmayo, [En línea]. Available: <https://www.cementospacasmayo.com.pe/productos/prefabricados/bloques-y-ladrillos-de-concreto>. [Último acceso: 07 Junio 2022].
- [28] Z. Metaxa, A. Tolkou, S. Efstathiou, A. Rahdar, E. Favvas, A. Mitropoulos y G. Kyzas, *Nanomaterials in Cementitious Composites: An Update*, Kavala: MDPI, 2021.
- [29] P. Jiménez Manero, *MATERIALES NANOESTRUCTURADOS BASADOS EN POLIANILINA, NANOTUBOS DE CARBONO Y GRAFENO*, Zaragoza: CSIC, 2011.
- [30] M. Cano Galey, *Desarrollo de Materiales Avanzados basados en Nanotubos de Carbono y Grafeno: Nanocomposites poliméricos reforzados y Nanohíbridos catalíticos*, Zaragoza: CSIC, 2013.
- [31] J. Á. Martín-Gago, C. Briones, E. Castro y P. A. Serena, *El nanomundo en tus manos*, Un Tal Lucas, 2014.
- [32] A. K. Geim y P. Kim, *Grafeno y nanotubos*, Barcelona: Investigación y Ciencia, 2008.
- [33] Alibaba.com, «Alibaba.com,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Factory-62371149676.html?spm=a2700.7724857.0.0.167d4de6CRYAK3&s=p>.
- [34] I. Kaur, L. J. Ellis, I. Romer, R. Tantra, M. Carriere, S. Allard, M. M.-L. Hermite, C. Minelli, W. Unger, A. Potthoff, S. Rades y E. V. Jones, «Dispersion of Nanomaterials in Aqueous Media: Towards Protocol Optimization,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.jove.com/video/56074>. [Último acceso: 10 Junio 2022].
- [35] INDECOPI, «CEMENTOS. Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas,» INDECOPI, Lima, 2009.
- [36] INDECOPI, «NTP 339.604-Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañilería de concreto,» INDECOPI, Lima, 2002.
- [37] INDECOPI, «UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería,» INDECOPI, Lima, 2013.
- [38] INDECOPI, «NTP 399.621. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería,» INDECOPI, Lima, 2004.

- [39] INDECOPI, *NTP 400.021-AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*, Lima, 2002.
- [40] INDECOPI, *NTP 400.022-AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*, Lima, 2002.
- [41] INDECOPI, *NTP 339.185-AGREGADOS. Metodo de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*, Lima, 2013.
- [42] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «NTE-E.060 CONCRETO ARMADO,» Lima, 2009.
- [43] ACI Committee 21, «ACI 211.1-91. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete,» ACI Committee 211, 2002.
- [44] INDECOPI, *NTP 400.012-AGREGADOS. Analisis granulometrico del agregado fino, grueso y global*, Lima, 2001.
- [45] Skymen Cleaning Equipment Shenzhen, «Skymen,» Skymen Cleaning Equipment Shenzhen, 20 Julio 2022. [En línea]. Available: <http://www.skymen.cc/>.
- [46] Sigma-Aldrich, «sigmaaldrich,» [En línea]. Available: <https://www.sigmaaldrich.com/PE/es/sds/aldrich/704113>. [Último acceso: 08 Junio 2022].
- [47] Focus Technology Co., «Made-in-China,» [En línea]. Available: https://es.made-in-china.com/co_centrostar/product_Industrial-Ultrasonic-Cleaning-Machine-PCB-Washing-Equipment-Washing-Machine_ehgisessy.html. [Último acceso: 08 Junio 2022].
- [48] ACI Committee 211, *ACI 211.3R-02. Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete*, 2009.
- [49] E. A. Navarro Jiménez y H. Forero Romero, *Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono*, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- [50] J. T. Valerio Yachachin, *Preparación de Probetas de Concreto con Nanotubos de Carbono para el Mejoramiento de sus Propiedades*, Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, 2019.
- [51] INDECOPI, «NTP 339.094. CEMENTOS. Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas,» Lima, 2009.

ANEXOS

Anexo 1: Documentos

Documento 1. Ficha Técnica Cemento FORTIMAX MS

 Pacasmayo Control de Calidad	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA CEMENTO FORTIMAX	G-CC-EST-09 Versión 00 / 03 de setiembre de 2018 Página 1/1

Descripción: El Cemento FORTIMAX (MS(MH)) es un producto que se obtiene mediante la pulverización conjunta de clinker, yeso, filler calizo, puzolana y/o escoria. El clinker es un mineral artificial y esta compuesto esencialmente de silicatos de calcio producidos a partir de materiales calcáreos y correctores de sílice, alumina y hierro en un proceso efectuado a temperaturas cercanas a los 1450°C. Este tipo de cemento sigue los requisitos de la Norma Técnica Peruana 334.082 y de la ASTM C 1157. Es un cemento diseñado para estructuras que requieran moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

Ensayos	Requisitos			Normas de Referencia	Normas de Ensayo
REQUERIMIENTOS FISICOS					
Contenido de Aire	Máximo	12	%	ASTM C1157 NTP 334.082	ASTM C 185 NTP 334.048
Finura					
a) Superficie Específica	-	-	-	ASTM C1157 NTP 334.082	ASTM C 204 / NTP 334.002 ASTM C 188 / NTP 334.005
b) Retenido M325	-	-	-	ASTM C1157 NTP 334.082	SOC-PRO-06-P4004
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	ASTM C1157 NTP 334.082	ASTM C 151 NTP 334.004
Resistencia a la Compresión					
a) Resistencia compresión a 1 día (*)	Mínimo	7.6 (1,100)	MPa (psi)	n / a	ASTM C 109 NTP 334.051
b) Resistencia compresión a 3 días	Mínimo	11 (1,600)	MPa (psi)	ASTM C1157 NTP 334.082	ASTM C 109 NTP 334.051
c) Resistencia compresión a 7 días	Mínimo	18 (2,610)	MPa (psi)	ASTM C1157 NTP 334.082	ASTM C 109 NTP 334.051
d) Resistencia compresión a 28 días	Mínimo	28 (4,060)	MPa (psi)	ASTM C1157 NTP 334.082	ASTM C 109 NTP 334.051
Tiempo de Fraguado Vicat					
a) Fraguado Inicial	Mínimo	45	minutos	ASTM C1157 NTP 334.082	ASTM C 191 NTP 334.006
b) Fraguado Final	Máximo	420	minutos	ASTM C1157 NTP 334.082	ASTM C 191 NTP 334.006
Expansión Barra de mortero a 14 días					
	Máximo	0.020	%	ASTM C1157 NTP 334.082	ASTM C 1038 NTP 334.093
Expansión por sulfatos a 6 meses					
	Máximo	0.10	%	ASTM C1157 NTP 334.082	ASTM C 1012 NTP 334.094
Calor de Hidratación a 7 días					
	Máximo	70	kcal/kg	ASTM C1157 NTP 334.082	ASTM C 186 NTP 334.064
REQUERIMIENTOS DE PESOS NETOS					
Peso unitario (Neto)	Mínimo	41.65	kg	ASTM C1157 NTP 334.082	n / a
Peso promedio por lotes ≥ 50 bolsas (Neto)	Mínimo	42.50	kg	ASTM C1157 NTP 334.082	n / a
Generado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Ing. Victor Milla Analista de Aseguramiento de la Calidad		Ing. Gabriel Mansilla Superintendente de Aseguramiento de la Calidad e Investigación y Desarrollo		Ing. Hugo Villanueva Castillo Gerente Central de Operaciones	

(*) Requisito interno impuesto por la compañía.

Fuente: Cemento Pacasmayo [22]

Documento 2. Factura de compra máquina de ultrasonidos




Skymen Cleaning Equipment Shenzhen Co.ltd

PROFORMA INVOICE

Seller: Skymen Cleaning Equipment Shenzhen Co.ltd. Contact: Lydia Luo TEL: +86-18948307377 Email: sales12@skymen.cc Address: Floor 1st & 2nd, Building 3, Tanggang Taifeng Industrial Park, Dawangshan Community, Shajing Street, Bao'an District, Shenzhen	PI NO.	Date
	Skymen20220520108	July 20th, 2022
	Trade term	Payment
	EXW	100% BY T/T IN ADVANCE
Buyer: Bryan Contact: Bryan TEL: +51 936 013 899 ADD: Peru	SHIPMENT	Shipping Mark

Subject: Skymen ultrasonic cleaner

NO.	Model/Photo	Description	UNIT PRICE	QTY.(set)	AMOUNT
1	JP-040S 	10L ultrasonic cleaner Inner tank size:300 x 240 x 150 mm Frequency:40KHZ Heating power:200W Material: SUS304 American plug 110V	US\$285.0	1	US\$285.0
express shipping cost(by UPS)					\$326.00
Sum for Goods					US\$285.0
TOTAL should pay					US\$611.0

Remark :

Terms of trading : EXW

Warranty: 1 year. During the warranty period, spare parts are free to replace.

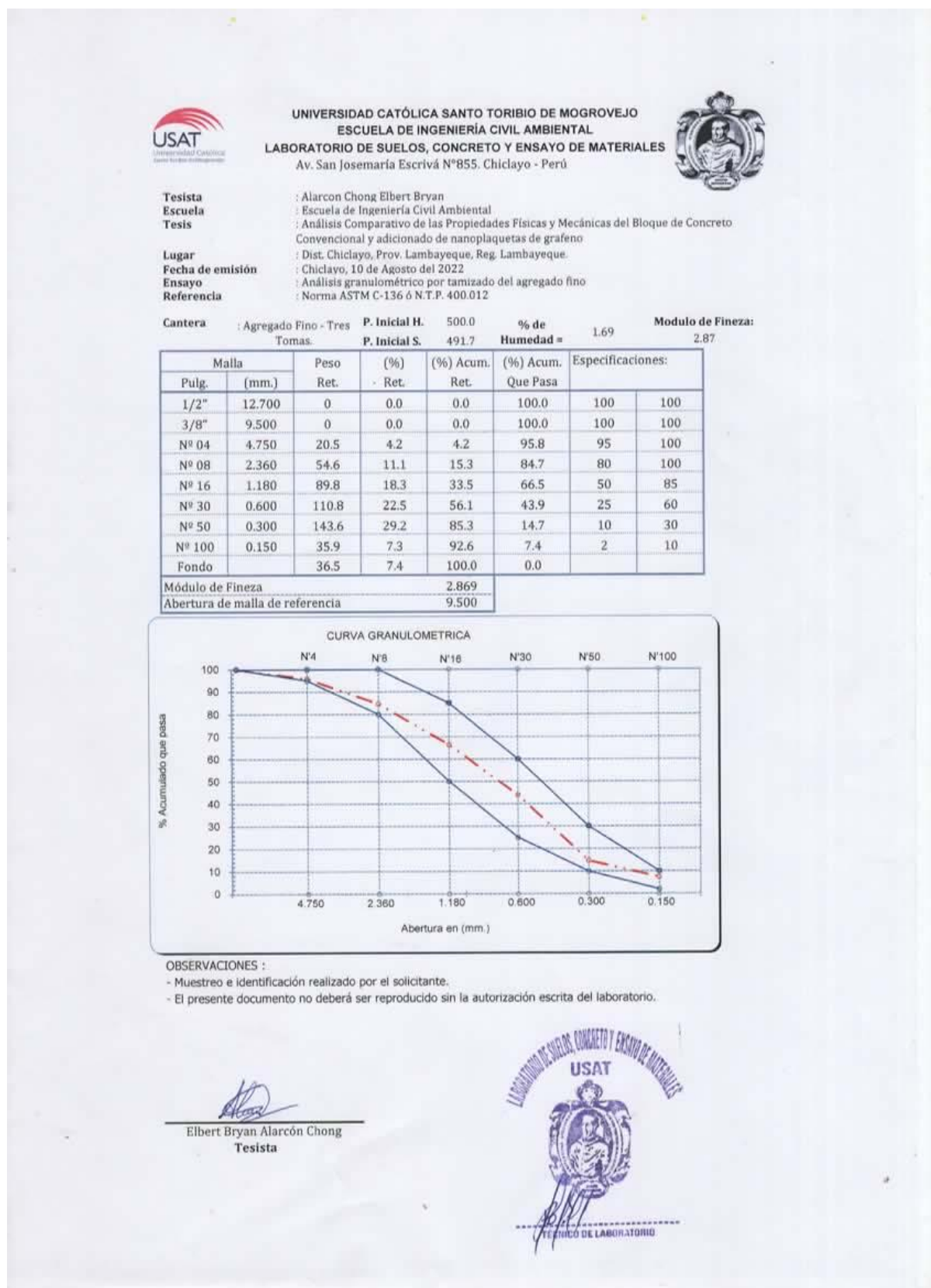
Payment terms: 100% in advance by T/T

Via PAYPAL:

Email address: ultrasonic.china@gmail.com

For & on behalf of
 Skymen Cleaning Equipment Shenzhen Co.ltd.
 Authorized Signature

Documento 3. Resultados análisis granulométrico por tamizado del agregado fino



Fuente: Elaboración Propia

Documento 4. Resultados análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso



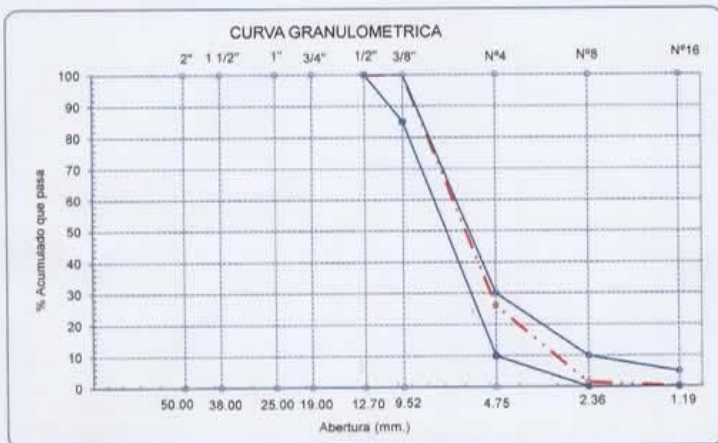
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adiciónado de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Confitillo - Chancadora Piedra Azul **P. Inicial H.** 1048.7 **% de** 0.44
P. Inicial S. 1044 **Humedad =**

Malla	Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones USO 8	
2"	50.00	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.70	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0	85.0	100.0
1/4"	6.33	282.8	27.1	72.9		
Nº 04	4.75	488.6	46.8	73.9	26.1	30.0
Nº 08	2.36	258.1	24.7	98.6	1.4	10.0
Nº 16	1.19	11.5	1.1	99.7	0.3	5.0
Fondo	3	0.3	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			3/8"	9.52		
Tamaño Maximo Nominal			1/4"	6.33		



OBSERVACIONES :
 - Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio.

Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Documento 5. Resultados de peso unitario del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855, Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022
Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Agregado Fino - Tres Tomas.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	17690	17682
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8464	8464
3.- Peso del material		9226	9218
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1695	1693
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1667	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18697.0	18686.0
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8464	8464
3.- Peso del material		10233	10222
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1880	1878
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1848	

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Documento 6. Resultados de peso unitario del agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela: : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Confitillo - Chancadora Piedra Azul

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	15530.0	15535.0
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8464.0	8464.0
3.- Peso del material		7066	7071
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1298	1299
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)		1293

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	16544.0	16528.0
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8464.0	8464.0
3.- Peso del material		8080.0	8064.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1484	1481
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)		1477

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 7. Resultados de peso específico y absorción del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela: : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Agregado Fino - Tres Tomas.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	965.2	965.2
2.- Pes Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	659.8	659.8
3.- Peso del Agua	(g)	305.4	305.4
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	655.5	655.5
5.- Peso del Frasco	(g)	159.8	159.8
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495.7	495.7
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	2.547
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.569
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.605
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.87

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Documento 8. Resultados de peso específico y absorción del agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022
Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Cantera : Confitillo - Chancadora Piedra Azul

I. - Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	505	505
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	512	512
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastil	(g)	459	459
4.- Peso de la canastilla	(g)	137	137
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	322	322

II - Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.665
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.702
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.767
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.39

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Elbert Bryan Alarcon Chong
 Tesista



Documento 9. Resultados de contenido de humedad del agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022
Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Agregado Fino - Tres Tomas.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500	500
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	491.7	491.7
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.69	1.69
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.69	

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Documento 10. Resultados de contenido de humedad del agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022
Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Confitillo - Chancadora Piedra Azul

I. - Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500	500
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	497.8	497.8
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.44	

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Documento 11. Diseño de mezcla $f'c=85$ kg/cm² patrón



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855, Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chona Elbert Bryan
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adición de nanoplaquetas de grafeno
Ensayo Referencia : Diseño de Mezcla de Concreto : ACI 211

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 85$ kg/cm²

Tipo de Cemento: Pacasmayo Tipo MS $f'c =$ 85 kg/cm²

I.) Datos de los Agregados:

GRUESO : Confitillo - Chancadora Piedra Azul 01.- Tamaño máximo nominal 02.- Peso Unitario suelto seco 03.- Peso Unitario compactado seco 04.- Peso específico de masa seco 05.- Contenido de humedad 06.- Contenido de absorción 07.- Módulo de fineza (adimensional)	FINO : Agregado Fino - Tres Tomas. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">3/8"</td><td style="text-align: center;">-----</td><td style="text-align: right;">pulg.</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1293</td><td style="text-align: center;">1667</td><td style="text-align: right;">kg/cm³</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1477</td><td style="text-align: center;">-----</td><td style="text-align: right;">kg/cm³</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2665</td><td style="text-align: center;">2547</td><td style="text-align: right;">kg/cm³</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.44</td><td style="text-align: center;">1.69</td><td style="text-align: right;">%</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.39</td><td style="text-align: center;">0.87</td><td style="text-align: right;">%</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">-----</td><td style="text-align: center;">2.869</td><td></td></tr> </table>	3/8"	-----	pulg.	1293	1667	kg/cm ³	1477	-----	kg/cm ³	2665	2547	kg/cm ³	0.44	1.69	%	1.39	0.87	%	-----	2.869	
3/8"	-----	pulg.																				
1293	1667	kg/cm ³																				
1477	-----	kg/cm ³																				
2665	2547	kg/cm ³																				
0.44	1.69	%																				
1.39	0.87	%																				
-----	2.869																					

II.) Datos de la Mezcla y otros

08.- Resistencia especificada a los 28 días	$f'_{cr} =$ 155 kg/cm ²
09.- Contenido de aire atrapado	3 %
10.- Relación agua cemento	$R_{rel} =$ 0.791
11.- Volumen unitario del agua	207 L/m ³
12.- Volumen del agregado grueso	0.454 m ³
13.- Peso específico del cemento	2990 kg/cm ³

III.) Cálculo de volúmenes absolutos

a) Cemento	262 kg/m ³	0.088 m ³
b) Agua	207 Lt/m ³	0.207 m ³
c) Aire	3 %	0.030 m ³
d) Agregado Grueso	671 kg/m ³	0.252 m ³
		0.576 m ³

IV.) Contenido de Agregado Fino

Vol. Absoluto AF	0.424 m ³
e) Agregado Fino	1079.68 kg/m ³

V.) Corrección por Humedad

a) Agregado Grueso	673.47 kg/m ³
b) Agregado Fino	1097.91 kg/m ³

VI) Aporte de agua

Aporte	2.65012 Lt/m ³
Agua efectiva	

VII.) Resultado Final de Diseño

a) Cemento	262 kg/m ³
b) Agua	204.35 Lt/m ³
c) Agregado Grueso	673.47 kg/m ³
d) Agregado Fino	1097.91 kg/m ³

VIII.) Dosificación

Proporción en peso :	1.00	4.20	2.57	33.19	Its
Proporción en volumen :	1.00	4.13	2.56	33.62	Its

IX.) Pesos para una Tanda - Elemento (Adoquines)

Medidas 39x12x19cm	Volumen 0.00541
Cantidad 15	Vol. Total 0.08112

X.) Proporción en pesos

a) Cemento	21.228 kg
b) Agua	16.576 Lts
c) Agregado Grueso	54.631 kg
d) Agregado Fino	89.06 kg


 Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 12. Diseño de mezcla $f'c=85 \text{ kg/cm}^2$ adicionado 0.05% NPG



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcón Chong Elbert Bryan
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ensayo Referencia : Diseño de Mezcla de Concreto : ACT 211

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 85 \text{ kg/cm}^2$ - ADICIONADO 0.05% NPG

Tipo de Cemento: Pacasmayo Tipo MS $f'c =$ 85 kg/cm^2

I.) Datos de los Agregados:

GRUESO : Confitillo - Chancadora Piedra Azul

- 01.- Tamaño máximo nominal
- 02.- Peso Unitario suelto seco
- 03.- Peso Unitario compactado seco
- 04.- Peso específico de masa seco
- 05.- Contenido de humedad
- 06.- Contenido de absorción
- 07.- Módulo de fineza (dimensional)

II.) Datos de la Mezcla y otros

- 08.- Resistencia especificada a los 28 días
- 09.- Contenido de aire atrapado
- 10.- Relación agua cemento
- 11.- Volumen unitario del agua
- 12.- Volumen del agregado grueso
- 13.- Peso específico del cemento

III.) Cálculo de volúmenes absolutos

a) Cemento	262 kg/m^3	0.088 m^3
b) Agua	207 Lt/m^3	0.207 m^3
c) Aire	3 %	0.030 m^3
d) Agregado Grueso	671 kg/m^3	0.252 m^3
		0.576 m^3

VI) Aporte de agua

Aporte	2.65012 Lt/m^3
Agua efectiva	2.65012 Lt/m^3

VIII.) Dosificación

Proporción en peso :	1.00	4.20	2.57	33.19	Its
Proporción en volumen :	1.00	4.13	2.56	33.62	Its

IX.) Pesos para una Tanda - Elemento (Adoquines)

Medidas	39x12x19cm	Volumen	0.00541
Cantidad	15	Vol. Total	0.08112

XI.) Proporción en pesos

a) Cemento	21.2281 kg	e) Nanoplaqueta Grafeno	13.08 gr
b) Agua	16.5765 Lts		
c) Agregado Grueso	54.6307 kg		
d) Agregado Fino	89.0601 kg		

FINO : Agregado Fino - Tres Tomas.

3/8"	-----	pulg.
1293	1667	kg/cm^3
1477	-----	kg/cm^3
2665	2547	kg/cm^3
0.44	1.69	%
1.39	0.87	%
-----	2.869	

f'_{cr} 155 kg/cm^2

R^{40} 3 %

0.791

207 L/m^3

0.454 m^3

2990 kg/cm^3

IV.) Contenido de Agregado Fino

Vol. Absoluto AF	0.424 m^3
e) Agregado Fino	1079.68 kg/m^3

V.) Corrección por Humedad

a) Agregado Grueso	673.47 kg/m^3
b) Agregado Fino	1097.91 kg/m^3

VII.) Resultado Final de Diseño

a) Cemento	262 kg/m^3
b) Agua	204.3499 Lt/m^3
c) Agregado Grueso	673.47 kg/m^3
d) Agregado Fino	1097.91 kg/m^3

X.) Cantidad de Adicionado

Nanoplaqueta Grafeno	13.08 gr
----------------------	----------



Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Documento 13. Diseño de mezcla $f'c=85 \text{ kg/cm}^2$ adicionado 0.10% NPG



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°955. Chiclayo - Perú



Tesista : Alercon Chong Elbert Bryan
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ensayo : Diseño de Mezcla de Concreto
Referencia : ACI 211

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 85 \text{ kg/cm}^2$ - ADICIONADO 0.10% NPG

Tipo de Cemento: Pacasmayo Tipo MS **$f'c =$** 85 kg/cm^2

I.) Datos de los Agregados:

<p>GRUESO : Confitillo - Chancadora Piedra Azul</p> <p>01.- Tamaño máximo nominal 02.- Peso Unitario suelto seco 03.- Peso Unitario compactado seco 04.- Peso específico de masa seco 05.- Contenido de humedad 06.- Contenido de absorción 07.- Módulo de fineza (adimensional)</p>	<p>FINO : Agregado Fino - Tres Tomas.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>3/8"</td><td>-----</td><td>pulg.</td></tr> <tr><td>1293</td><td>1667</td><td>kg/cm^3</td></tr> <tr><td>1477</td><td>-----</td><td>kg/cm^3</td></tr> <tr><td>2665</td><td>2547</td><td>kg/cm^3</td></tr> <tr><td>0.44</td><td>1.69</td><td>%</td></tr> <tr><td>1.39</td><td>0.87</td><td>%</td></tr> <tr><td>-----</td><td>2.869</td><td></td></tr> </table>	3/8"	-----	pulg.	1293	1667	kg/cm^3	1477	-----	kg/cm^3	2665	2547	kg/cm^3	0.44	1.69	%	1.39	0.87	%	-----	2.869	
3/8"	-----	pulg.																				
1293	1667	kg/cm^3																				
1477	-----	kg/cm^3																				
2665	2547	kg/cm^3																				
0.44	1.69	%																				
1.39	0.87	%																				
-----	2.869																					

II.) Datos de la Mezcla y otros

08.- Resistencia especificada a los 28 días
 09.- Contenido de aire atrapado
 10.- Relación agua cemento
 11.- Volumen unitario del agua
 12.- Volumen del agregado grueso
 13.- Peso específico del cemento

$f'c$	155	kg/cm^2
	3	%
R_{AC}	0.791	
	207	L/m^3
	0.454	m^3
	2990	kg/cm^3

III.) Cálculo de volúmenes absolutos

a) Cemento	262 kg/m^3	0.088 m^3
b) Agua	207 L/m^3	0.207 m^3
c) Aire	3 %	0.030 m^3
d) Agregado Grueso	671 kg/m^3	0.252 m^3
		0.576 m^3

IV.) Contenido de Agregado Fino

Vol. Absoluto AF	0.424 m^3
e) Agregado Fino	1079.68 kg/m^3

V.) Corrección por Humedad

a) Agregado Grueso	673.47 kg/m^3
b) Agregado Fino	1097.91 kg/m^3

VI) Aporte de agua

Aporte	2.65012 Lt/m^3
Agua efectiva	204.35 Lt/m^3

VII.) Resultado Final de Diseño

a) Cemento	262 kg/m^3
b) Agua	2.650118 Lt/m^3
c) Agregado Grueso	673.47 kg/m^3
d) Agregado Fino	1097.91 kg/m^3

VIII.) Dosificación

Proporción en peso :	1.00	4.20	2.57	0.43	Its
Proporción en volumen :	1.00	4.13	2.56	33.62	Its

IX.) Pesos para una Tanda - Elemento (Adoquines)

Medidas	39x12x19cm	Volumen	0.00541
Cantidad	15	Vol. Total	0.08112

X.) Cantidad de Adicionado

Nanoplaqueta Grafeno	26.17 gr
----------------------	----------

XI.) Proporción en pesos

a) Cemento	21.2281 kg	e) Nanoplaqueta Grafeno	26.17 gr
b) Agua	0.21497 Lts		
c) Agregado Grueso	54.6307 kg		
d) Agregado Fino	89.0601 kg		



Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 14. Diseño de mezcla $f'c=85$ kg/cm² adicionado 0.15% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855, Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ensayo Referencia : Diseño de Mezcla de Concreto : ACI 211

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 85$ kg/cm² - ADICIONADO 0.15% NPG

Tipo de Cemento: Pacasmayo Tipo MS $f'c =$ 85 kg/cm²

I.) Datos de los Agregados:

<p>GRUESO : Confitillo - Chancadora Piedra Azul</p> <p>01.- Tamaño máximo nominal 02.- Peso Unitario suelto seco 03.- Peso Unitario compactado seco 04.- Peso específico de masa seco 05.- Contenido de humedad 06.- Contenido de absorción 07.- Módulo de finiza (adimensional)</p>	<p>FINO : Agregado Fino - Tres Tomas.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>3/8"</td><td>---</td><td>puig.</td></tr> <tr><td>1293</td><td>1667</td><td>kg/cm³</td></tr> <tr><td>1477</td><td>---</td><td>kg/cm³</td></tr> <tr><td>2665</td><td>2547</td><td>kg/cm³</td></tr> <tr><td>0.44</td><td>1.69</td><td>%</td></tr> <tr><td>1.39</td><td>0.87</td><td>%</td></tr> <tr><td>---</td><td>2.869</td><td></td></tr> </table>	3/8"	---	puig.	1293	1667	kg/cm ³	1477	---	kg/cm ³	2665	2547	kg/cm ³	0.44	1.69	%	1.39	0.87	%	---	2.869	
3/8"	---	puig.																				
1293	1667	kg/cm ³																				
1477	---	kg/cm ³																				
2665	2547	kg/cm ³																				
0.44	1.69	%																				
1.39	0.87	%																				
---	2.869																					

II.) Datos de la Mezcla y otros

08.- Resistencia especificada a los 28 días
 09.- Contenido de aire atrapado
 10.- Relación agua cemento
 11.- Volumen unitario del agua
 12.- Volumen del agregado grueso
 13.- Peso específico del cemento

	$f'_{cr} =$ 155 kg/cm ²
	$R_{af} =$ 3 %
	$R_{af} =$ 0.791
	207 L/m ³
	0.454 m ³
	2990 kg/cm ³

III.) Cálculo de volúmenes absolutos

a) Cemento	262 kg/m ³	0.088 m ³
b) Agua	207 L/m ³	0.207 m ³
c) Aire	3 %	0.030 m ³
d) Agregado Grueso	671 kg/m ³	0.252 m ³
		0.576 m ³

IV.) Contenido de Agregado Fino

Vol. Absoluto AF	0.424 m ³
e) Agregado Fino	1079.68 kg/m ³

V.) Corrección por Humedad

a) Agregado Grueso	673.47 kg/m ³
b) Agregado Fino	1097.91 kg/m ³

VI) Aporte de agua

Aporte	2.65012 Lt/m ³
Agua efectiva	204.35 Lt/m ³

VII.) Resultado Final de Diseño

a) Cemento	262 kg/m ³
b) Agua	2.650118 Lt/m ³
c) Agregado Grueso	673.47 kg/m ³
d) Agregado Fino	1097.91 kg/m ³

VIII.) Dosificación

Proporción en peso :	1.00	4.20	2.57	0.43	Its
Proporción en volumen :	1.00	4.13	2.56	33.62	Its

IX.) Pesos para una Tanda - Elemento (Adoquines)

Medidas	39x12x19cm	Volumen	0.00541
Cantidad	15	Vol. Total	0.08112

X.) Cantidad de Adicionado

Nanoplaqueta Grafeno	39.25	gr
----------------------	-------	----

XI.) Proporción en pesos

a) Cemento	21.2281	kg	e) Nanoplaqueta Grafeno	39.25	gr
b) Agua	0.21497	Lts			
c) Agregado Grueso	54.6307	kg			
d) Agregado Fino	89.0601	kg			



Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 15. Resultados de variación dimensional en bloques patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú




Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 24 de Octubre del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto-Variabilidad Dimensional
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.604

Variabilidad Dimensional				
Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
P-1	BLOQUE DE CONCRETO PATRON	388.00	118.00	188.00
P-2		389.00	118.00	187.00
P-3		387.00	119.00	187.00
P-4		388.00	118.00	186.00
P-5		388.00	118.00	187.00
PROMEDIO		388.00	117.80	187.00
C.V.		0.18%	0.93%	0.38%

OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 05 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 16. Resultados de variación dimensional en bloques adicionado 0.05% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 24 de Octubre del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto-Variabilidad Dimensional
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.604

Variabilidad Dimensional				
Muestra Nº	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
P-1	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.05% NPG	387.00	117.00	186.00
P-2		388.00	118.00	188.00
P-3		387.00	117.00	187.00
P-4		388.00	118.00	186.00
P-5		388.00	118.00	188.00
PROMEDIO		387.60	117.60	187.00
C.V.		0.14%	0.47%	0.53%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 05 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista


 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Fuente: Elaboración Propia

Documento 17. Resultados de variación dimensional en bloques adicionado 0.10% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 24 de Octubre del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto- Variabilidad Dimensional
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.604

Variabilidad Dimensional				
Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (l)	ALTO (mm) (h)
P-1	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.10% NPG	389.00	117.00	185.00
P-2		388.00	118.00	187.00
P-3		389.00	119.00	186.00
P-4		389.00	118.00	186.00
P-5		389.00	117.00	187.00
PROMEDIO		388.80	117.80	186.20
C.V.		0.12%	0.71%	0.45%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 05 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 18. Resultados de variación dimensional en bloques adicionado 0.15% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 24 de Octubre del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto- Variabilidad Dimensional
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.604

Variabilidad Dimensional				
Muestra N°	Descripción de la unidad	LARGO (mm) (e)	ANCHO (mm) (f)	ALTO (mm) (h)
P-1	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.15% NPG	388.00	117.00	188.00
P-2		388.00	117.00	188.00
P-3		389.00	116.00	187.00
P-4		389.00	118.00	189.00
P-5		389.00	118.00	187.00
PROMEDIO		388.60	117.20	187.80
C.V.		0.14%	0.71%	0.45%

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- Los resultados obtenidos de cada medida corresponden al promedio de 05 unidades por muestra.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 19. Resultados de alabeo en bloques patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Referencia : NORMA N.T.P. 399.604

ALABEO EN BLOQUES							
BLOQUE CONCRETO TIPO 12							
N° DE BLOQUES	TIPO	LADO IZQ.	CENTRO	LADO DER.	ALABEO	PROMEDIO	OBSERVACIÓN
		(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	
P-1	PATRON	1.00	0.80	0.00	CONVEXO	0.6	Presenta Alabeo
P-2	PATRON	1.00	1.00	2.00	CONVEXO	1.3	Presenta Alabeo
P-3	PATRON	0.00	0.50	0.50	CONVEXO	0.3	Presenta Alabeo
P-4	PATRON	0.50	0.50	1.00	CONVEXO	0.7	Presenta Alabeo
P-5	PATRON	0.00	0.50	0.00	CONVEXO	0.2	Presenta Alabeo

PROMEDIO	0.8	0.9	0.9
----------	-----	-----	-----

RESULTADO FINAL ALABEO DE LADRILLO =

0.8

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Documento 20. Resultados de alabeo en bloques adicionados 0.05% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Referencia : NORMA N.T.P. 399.604

ALABEO EN BLOQUES							
BLOQUE CONCRETO TIPO 12							
N° DE BLOQUES	TIPO	LADO IZQ.	CENTRO	LADO DER.	ALABEO	PROMEDIO	OBSERVACIÓN
		(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	
A-1	0.05% NPG	0.00	1.00	0.50	CONVEXO	0.5	Presenta Alabeo
A-2	0.05% NPG	0.50	1.00	0.50	CONVEXO	0.7	Presenta Alabeo
A-3	0.05% NPG	0.00	0.50	0.50	CONVEXO	0.3	Presenta Alabeo
A-4	0.05% NPG	1.50	0.50	0.50	CONVEXO	0.8	Presenta Alabeo
A-5	0.05% NPG	2.50	0.30	1.50	CONVEXO	1.4	Presenta Alabeo

PROMEDIO	1.0	0.9	0.9
----------	-----	-----	-----

RESULTADO FINAL ALABEO DE LADRILLO =

0.9

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Documento 21. Resultados de alabeo en bloques adicionados 0.10% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Referencia : NORMA N.T.P. 399.604

ALABEO EN BLOQUES							
BLOQUE CONCRETO TIPO 12							
N° DE BLOQUES	TIPO	LADO IZQ.	CENTRO	LADO DER.	ALABEO	PROMEDIO	OBSERVACIÓN
		(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	
B-1	0.10% NPG	1.50	2.00	0.50	CONVEXO	1.3	Presenta Alabeo
B-2	0.10% NPG	0.50	1.00	1.00	CONVEXO	0.8	Presenta Alabeo
B-3	0.10% NPG	1.00	0.50	1.00	CONVEXO	0.8	Presenta Alabeo
B-4	0.10% NPG	0.30	0.30	0.00	CONVEXO	0.2	Presenta Alabeo
B-5	0.10% NPG	0.00	0.00	0.30	CONVEXO	0.1	Presenta Alabeo
PROMEDIO		0.9	0.9	0.8			
RESULTADO FINAL ALABEO DE LADRILLO =		0.9					

OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 22. Resultados de alabeo en bloques adicionados 0.15% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Referencia : NORMA N.T.P. 399.604

ALABEO EN BLOQUES							
BLOQUE CONCRETO TIPO 12							
N° DE BLOQUES	TIPO	LADO IZQ. (mm)	CENTRO	LADO DER.	ALABEO	PROMEDIO	OBSERVACIÓN
			(mm)	(mm)		(mm)	
C-1	0.15% NPG	0.50	0.50	0.00	CONVEXO	0.3	Presenta Alabeo
C-2	0.15% NPG	1.30	1.00	0.50	CONVEXO	0.9	Presenta Alabeo
C-3	0.15% NPG	0.50	1.00	1.30	CONVEXO	0.9	Presenta Alabeo
C-4	0.15% NPG	1.50	2.00	1.50	CONVEXO	1.7	Presenta Alabeo
C-5	0.15% NPG	1.00	1.00	0.00	CONVEXO	0.7	Presenta Alabeo

PROMEDIO	1.0	1.1	0.9
----------	-----	-----	-----

RESULTADO FINAL ALABEO DE LADRILLO =

1.0

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Documento 23. Resultados de absorción en bloques patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcón Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adiciónado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : San Ignacio, Cajamarca
Fecha : Chiclayo, 10 de Octubre del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.604

ABSORCION				
Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	BLOQUE DE CONCRETO PATRON	12641	11702	8.0
02	BLOQUE DE CONCRETO PATRON	11921	11008	8.3
03	BLOQUE DE CONCRETO PATRON	12618	11730	7.6
Promedio				7.96

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Documento 24. Resultados de absorción en bloques adicionados 0.05% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcón Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : San Ignacio, Cajamarca
Fecha : Chiclayo, 10 de Octubre del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.604

ABSORCION				
Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.05% NPG	12778	11901	7.4
02	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.05% NPG	12897	12180	5.9
03	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.05% NPG	12753	11893	7.2
Promedio				6.83

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Documento 25. Resultados de absorción en bloques adicionados 0.10% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcón Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : San Ignacio, Cajamarca
Fecha : Chiclayo, 10 de Octubre del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.604

ABSORCION				
Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.10% NPG	12374	11718	5.6
02	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.10% NPG	11996	11638	3.1
03	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.10% NPG	11912	11376	4.7
Promedio				4.46

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCIÓN DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Documento 26. Resultados de absorción en bloques adicionados 0.15% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcón Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : San Ignacio, Cajamarca
Fecha : Chiclayo, 10 de Octubre del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.604

ABSORCION				
Muestra N°	Denominación de la unidad	G4 (g)	G3 (g)	A (%)
01	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.15% NPG	12534	12120	3.4
02	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.15% NPG	11782	11390	3.4
03	BLOQUE DE CONCRETO ADICIONADO DE 0.15% NPG	12866	12116	6.2
Promedio				4.35

DONDE:

G4 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SATURADO LUEGO DE 24 HORAS DE INMERSION EN AGUA FRIA, EXPRESADO EN GRAMOS.

G3 : ES LA MASA DEL ESPECIMEN SECO, EXPRESADO EN GRAMOS.

A : ES LA ABSORCION DE AGUA, EXPRESADA EN PORCENTAJE

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Documento 27. Resultados de densidad en bloques de concreto patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Referencia : NORMA N.T.P. 399.604

DENSIDAD EN BLOQUES					
BLOQUE CONCRETO TIPO 12					
N° DE BLOQUES	TIPO	PESO SATURADO	PESO SUMERGIDO	PESO SECO	DENSIDAD (kg/cm ³)
		(gr)	(gr)	(gr)	
P-1	PATRON	12641.00	7950.00	11702.00	2494.57
P-2	PATRON	11921.00	7497.19	11008.00	2488.35
P-3	PATRON	12618.00	7935.54	11730.00	2505.09
PROMEDIO		4648.15	2923.52	4305.66	

RESULTADO FINAL de DENSIDAD DEL BLOQUE =

2496.0

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 28. Resultados de densidad en bloques de concreto adicionado 0.05% de NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Referencia : NORMA N.T.P. 399.604

DENSIDAD EN BLOQUES					
BLOQUE CONCRETO TIPO 12					
N° DE BLOQUES	TIPO	PESO SATURADO	PESO SUMERGIDO	PESO SECO	DENSIDAD (kg/cm ³)
		(gr)	(gr)	(gr)	
A-1	0.05% NPG	12778.00	8036.16	11901.00	2509.79
A-2	0.05% NPG	12897.00	8111.00	12180.00	2544.92
A-3	0.05% NPG	12753.00	8020.44	11893.00	2513.02

PROMEDIO	4804.15	3021.63	4497.41
----------	----------------	----------------	----------------

RESULTADO FINAL de DENSIDAD DEL BLOQUE =

2522.6

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.


 Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 29. Resultados de densidad en bloques de concreto adicionado 0.10% de NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chidayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chidayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Referencia : NORMA N.T.P. 399.604

DENSIDAD EN BLOQUES					
BLOQUE CONCRETO TIPO 12					
N° DE BLOQUES	TIPO	PESO SATURADO	PESO SUMERGIDO	PESO SECO	DENSIDAD (kg/cm ³)
		(gr)	(gr)	(gr)	
B-1	0.10% NPG	12374.00	7782.09	11718.00	2551.88
B-2	0.10% NPG	11996.00	7544.36	11638.00	2614.32
B-3	0.10% NPG	11912.00	7491.53	11376.00	2573.48
PROMEDIO		4535.90	2852.92	4342.16	
RESULTADO FINAL de DENSIDAD DEL BLOQUE =		2579.9			

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 30. Resultados de densidad en bloques de concreto adicionado 0.15% de NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Lugar : Dist. Chidayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
Referencia : NORMA N.T.P. 399.604

DENSIDAD EN BLOQUES					
BLOQUE CONCRETO TIPO 12					
N° DE BLOQUES	TIPO	PESO SATURADO	PESO SUMERGIDO	PESO SECO	DENSIDAD (kg/cm ³)
		(gr)	(gr)	(gr)	
C-1	0.15% NPG	12534.00	7882.71	12120.00	2605.73
C-2	0.15% NPG	11782.00	7409.77	11390.00	2605.08
C-3	0.15% NPG	12866.00	8091.51	12116.00	2537.65
PROMEDIO		4648.40	2923.67	4453.91	

RESULTADO FINAL de DENSIDAD DEL BLOQUE =

2582.8

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Elbert Bryan Alarcón Chong
Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 31. Resultados de resistencia a compresión en bloques patrón



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 24 de Mayo del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto - Resistencia a Compresion
REFERENCIA : NTP 339.804

RESISTENCIA A COMPRESION				
Muestra Nº	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
P1	Bloque de Concreto Patrón (7 días)	457.84	13590	29.68
P2	Bloque de Concreto Patrón (7 días)	451.24	13060	28.94
P3	Bloque de Concreto Patrón (7 días)	460.53	13880	30.14
P4	Bloque de Concreto Patrón (14 días)	457.84	16320	35.65
P5	Bloque de Concreto Patrón (14 días)	457.84	15530	33.92
P6	Bloque de Concreto Patrón (14 días)	457.84	18003	39.32
P7	Bloque de Concreto Patrón (28 días)	451.24	31120	68.97
P8	Bloque de Concreto Patrón (28 días)	460.53	27290	59.26
P9	Bloque de Concreto Patrón (28 días)	457.84	30840	67.36

Promedio 7 días	29.59
Promedio 14 días	36.30
Promedio 28 días	65.19

NOTA:

- Ensayo realizado en bloque de concreto hueco

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio


 Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 32. Resultados de resistencia a compresión en bloques adicionados 0.05% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855, Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 24 de Mayo del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto - Resistencia a Compresion
REFERENCIA : NTP 338.604

RESISTENCIA A COMPRESION				
Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
A1	Concreto Adicion 0.05% NPG (7 Dias)	457.84	17850	39.42
A2	Concreto Adicion 0.05% NPG (7 Dias)	451.24	21320	46.57
A3	Concreto Adicion 0.05% NPG (7 Dias)	460.53	17210	38.01
A4	Concreto Adicion 0.05% NPG (14 Dias)	457.84	27490	60.04
A5	Concreto Adicion 0.05% NPG (14 Dias)	457.84	22210	48.51
A6	Concreto Adicion 0.05% NPG (14 Dias)	457.84	28480	62.90
A7	Concreto Adicion 0.05% NPG (28 Dias)	451.24	31840	69.54
A8	Concreto Adicion 0.05% NPG (28 Dias)	460.53	35080	77.48
A9	Concreto Adicion 0.05% NPG (28 Dias)	457.84	31120	67.97

Promedio 7 dias	41.33
Promedio 14 dias	57.15
Promedio 28 dias	71.66

NOTA:

- Ensayo realizado en bloque de concreto hueco

OBSERVACIONES:

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio


 Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 33. Resultados de resistencia a compresión en bloques adicionados 0.10% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 24 de Mayo del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto - Resistencia a Compresion
REFERENCIA : NTP 339.604

RESISTENCIA A COMPRESION				
Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _p (kg/cm ²)
B1	Concreto Adicion 0.10% NPG (7 Dias)	455.13	12190	26.78
B2	Concreto Adicion 0.10% NPG (7 Dias)	457.84	13730	29.99
B3	Concreto Adicion 0.10% NPG (7 Dias)	462.91	11920	25.75
B4	Concreto Adicion 0.10% NPG (14 Dias)	459.02	15370	33.48
B5	Concreto Adicion 0.10% NPG (14 Dias)	455.13	15840	34.80
B6	Concreto Adicion 0.10% NPG (14 Dias)	455.13	16850	37.02
B7	Concreto Adicion 0.10% NPG (28 Dias)	457.84	24650	53.84
B8	Concreto Adicion 0.10% NPG (28 Dias)	462.91	21330	46.08
B9	Concreto Adicion 0.10% NPG (28 Dias)	459.02	20348	44.33

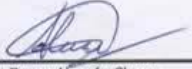
Promedio 7 dias	27.51
Promedio 14 dias	35.10
Promedio 28 dias	48.08

NOTA:

- Ensayo realizado en bloque de concreto hueco

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio


 Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 34. Resultados de resistencia a compresión en bloques adicionados 0.15% NPG



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú



Tesista : Alarcon Chong Elbert Bryan
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Análisis Comparativo de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bloque de Concreto Convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 24 de Mayo del 2022
ENSAYO : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto - Resistencia a Compresion
REFERENCIA : NTP 339.604

RESISTENCIA A COMPRESION				
Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm ²)	Carga (kg)	F _b (kg/cm ²)
P1	Concreto Adicion 0.15% NPG (7 Dias)	453.96	9680	21.32
P2	Concreto Adicion 0.15% NPG (7 Dias)	453.96	9670	21.30
P3	Concreto Adicion 0.15% NPG (7 Dias)	451.24	9710	21.52
P4	Concreto Adicion 0.15% NPG (14 Dias)	459.02	12690	27.65
P5	Concreto Adicion 0.15% NPG (14 Dias)	459.02	12400	27.01
P6	Concreto Adicion 0.15% NPG (14 Dias)	453.96	11540	25.42
P7	Concreto Adicion 0.15% NPG (28 Dias)	453.96	16190	35.66
P8	Concreto Adicion 0.15% NPG (28 Dias)	451.24	15760	34.93
P9	Concreto Adicion 0.15% NPG (28 Dias)	459.02	15000	32.68

Promedio 7 dias	21.38
Promedio 14 dias	26.69
Promedio 28 dias	34.42

NOTA:

- Ensayo realizado en bloque de concreto hueco

OBSERVACIONES :

- Muestreo de unidades de albañilería realizado por el solicitante.

- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio


 Elbert Bryan Alarcón Chong
 Tesista



Fuente: Elaboración Propia

Documento 35. Resultados de resistencia a compresión en pilas de bloques patrón



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswycelr@gmail.com

Solicitante : ELBERT BRYAN ALARCÓN CHONG
TEISIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BLOQUE DE CONCRETO CONVENCIONAL Y ADICIONADO DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO".
Proyecto / Obra :
Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
Fecha de ensayo : Lunes 14 Noviembre del 2022
Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra Nº	IDENTIFICACION	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Area (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	PRIMA PATRÓN	17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	127460	2.72	1.107	3.01	32.27
02		17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	138140	2.95	1.107	3.27	33.31
03		17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	141800	3.03	1.107	3.35	34.19

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904

Fuente: Elaboración Propia

Documento 36. Resultados de resistencia a compresión en pilas de bloques adicionados 0.05% NPG



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitante : ELBERT BRYAN ALARCÓN CHONG
TEISIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BLOQUE DE CONCRETO CONVENCIONAL Y
Proyecto / Obra : ADICIONADO DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO".
Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
Fecha de ensayo : Lunes 14 Noviembre del 2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	PRIMA 0.05% NPG	17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	196970	4.21	1.11	4.66	4.89
02		17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	203520	4.35	1.11	4.81	5.05
03		17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	206880	4.42	1.11	4.89	5.14

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Fuente: Elaboración Propia

Documento 37. Resultados de resistencia a compresión en pilas de bloques adicionados 0.10% NPG



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyceirl@gmail.com

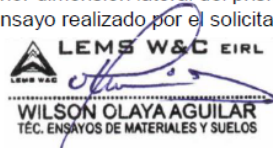
Solicitante : ELBERT BRYAN ALARCÓN CHONG
TEISIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BLOQUE DE CONCRETO CONVENCIONAL Y
Proyecto / Obra : ADICIONADO DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO".
Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
Fecha de ensayo : Lunes 14 Noviembre del 2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	PRIMA 0.10% NPG	17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	162850	3.48	1.11	3.85	4.04
02	Prisma 8 - 0.10% NPG	17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	173490	3.71	1.11	4.10	4.31
03	Prisma 9 - 0.10% NPG	17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	168200	3.59	1.11	3.98	4.18

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Fuente: Elaboración Propia

Documento 38. Resultados de resistencia a compresión en pilas de bloques adicionados 0.15% NPG



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitante : ELBERT BRYAN ALARCÓN CHONG
TEISIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BLOQUE DE CONCRETO CONVENCIONAL Y
Proyecto / Obra : ADICIONADO DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO".
Ubicación : Distrito Pimentel, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
Fecha de ensayo : Lunes 14 Noviembre del 2022

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación en compresión de prismas de albañilería.
Referencia : N.T.P. 399.605

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	lp (mm)	tp (mm)	hp (mm)	Área (mm ²)	hp/tp	Carga (N)	f _m (Mpa)	Factor Correc.	f _{mt} (Mpa)	f _{mt} (kg/cm ²)
01	PRIMA 0.15% NPG	17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	150890	3.22	1.11	3.57	3.75
02	Prisma 11 - 0.05% NPG	17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	155100	3.31	1.11	3.67	3.85
03	Prisma 12 - 0.05% NPG	17/10/2022	14/11/2022	28	390	120	400	46800	3.33	150060	3.21	1.11	3.55	3.73

OBSERVACIONES:

- lp: Largo del prisma; tp: Menor dimensión lateral del prisma y hp: Altura del prisma
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Fuente: Elaboración Propia

Documento 39. Resultados de resistencia a compresión diagonal en muretes de bloques patrón



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitante : ELBERT BRYAN ALARCÓN CHONG
Proyecto : TEISIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BLOQUE DE CONCRETO CONVENCIONAL Y ADICIONADO DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO".
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Lunes 14 de Noviembre del 2022
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
Norma : NTP 399.621 (revisada el 2015).
Ensayo : Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería.

Muestra Nº	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	V'm (Mpa)	V'm (Kg/cm2)
01	MURETE MUESTRA PATRÓN	17/10/2022	14/11/2022	28	800	810	120	98600	43983	0.32	3.28
02		17/10/2022	14/11/2022	28	800	810	120	98600	72981	0.53	5.45
03		17/10/2022	14/11/2022	28	800	810	120	98600	49769	0.36	3.71

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



Fuente: Elaboración Propia

Documento 40. Resultados de resistencia a compresión diagonal en muretes de bloques adicionados 0.05% NPG



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitante : ELBERT BRYAN ALARCÓN CHONG
Proyecto : TEISIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BLOQUE DE CONCRETO CONVENCIONAL Y ADICIONADO DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO".
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de ensayo : Lunes 14 de Noviembre del 2022
Título : UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
Norma : NTP 399.621 (revisada el 2015).
Ensayo : Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería.

Muestra Nº	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	V'm (Mpa)	V'm (Kg/cm2)
01	MURETE 0.05% NPG	17/10/2022	14/11/2022	28	800	810	120	98600	84102	0.62	6.28
02		17/10/2022	14/11/2022	28	800	810	120	98600	60076	0.44	4.48


OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga última.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



Fuente: Elaboración Propia

Documento 41. Resultados de resistencia a compresión diagonal en muretes de bloques adicionados 0.10% NPG

 LEMS W&C EIRL Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0808589		Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: lemswyceirl@gmail.com	
Solicitante	: ELBERT BRYAN ALARCÓN CHONG		
Proyecto	: TEISIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BLOQUE DE CONCRETO CONVENCIONAL Y ADICIONADO DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO".		
Ubicación	: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.		
Fecha de ensayo	: Lunes 14 de Noviembre del 2022		
<u>Título</u>	: UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.		
<u>Norma</u>	: NTP 399.621 (revisada el 2015).		
<u>Ensayo</u>	: Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería.		

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	V'm (Mpa)	V'm (Kg/cm2)
01	MURETE 0.10% NPG	17/10/2022	14/11/2022	28	800	810	120	98600	50357	0.37	3.78
02		17/10/2022	14/11/2022	28	800	810	120	98600	47798	0.35	3.57

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Fuente: Elaboración Propia

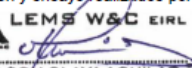
Documento 42. Resultados de resistencia a compresión diagonal en muretes de bloques adicionados 0.15% NPG

 LEMS W&C EIRL Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0808589		Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: lemswyceirl@gmail.com	
Solicitante	: ELBERT BRYAN ALARCÓN CHONG		
Proyecto	: TEISIS "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL BLOQUE DE CONCRETO CONVENCIONAL Y ADICIONADO DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO".		
Ubicación	: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.		
Fecha de ensayo	: Lunes 14 de Noviembre del 2022		
<u>Título</u>	: UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.		
<u>Norma</u>	: NTP 399.621 (revisada el 2015).		
<u>Ensayo</u>	: Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería.		

Muestra N°	Identificación	Fecha de asentado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	l (mm)	h (mm)	t (mm)	Ab (mm ²)	P (N)	V'm (Mpa)	V'm (Kg/cm2)
01	MURETE 0.15% NPG	17/10/2022	14/11/2022	28	800	810	120	98600	59448	0.44	4.44
02		17/10/2022	14/11/2022	28	800	810	120	98600	68088	0.50	5.08

OBSERVACIONES:

- l: Largo de la muestra, h: Altura de la muestra, t: Espesor de la muestra, Ab: Área bruta y P: Carga ultima.
- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.


LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904

Fuente: Elaboración Propia

Documento 43. Muestras patrón del ensayo de durabilidad ante el ataque de sulfatos



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Solicitante Alarcón Chong Elbert Bryan

Atención : Laboratorio de mecánica de suelos (USAT)

Obra/ Tesis : "Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del bloque de concreto convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno "

Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

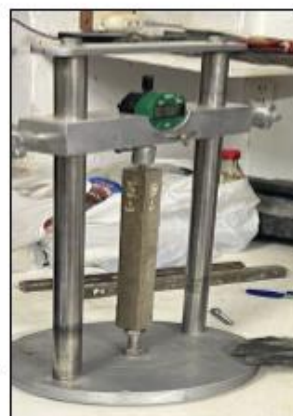
Código: ASTM C 157

Título: Método de prueba estándar para cambio de longitud de mortero y concreto de cemento hidráulico endurecido

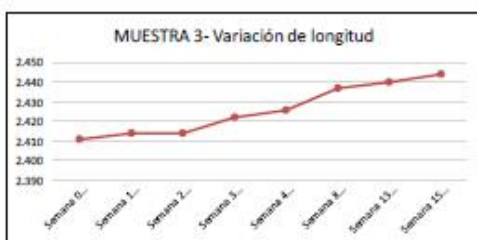
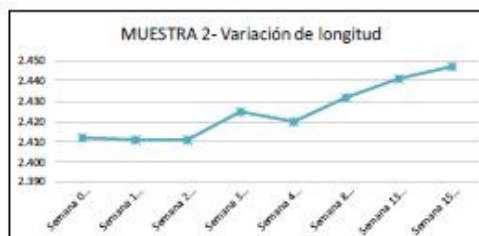
IDENTIFICACION DE MUESTRA Concreto Patron $f'c=85$ kg/cm²

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0 (30/11/2022)	2.417	2.412	2.411
Semana 1 (07/12/2022)	2.415	2.411	2.414
Semana 2 (14/12/2022)	2.415	2.411	2.414
Semana 3 (21/12/2022)	2.423	2.425	2.422
Semana 4 (28/12/2022)	2.422	2.420	2.426
Semana 8 (25/01/2023)	2.432	2.432	2.437
Semana 13 (01/03/2023)	2.438	2.441	2.440
Semana 15 (25/01/2023)	2.442	2.447	2.444

Expansión Acumulada	Expansión Aunitaria
0.0000 %	0.0000 %
0.0048 %	0.0016 %
0.0120 %	0.0024 %
0.0204 %	0.0028 %
0.0282 %	0.0029 %
0.0900 %	0.0049 %
0.2120 %	0.0085 %
0.2636 %	0.0076 %



Desviación Estandar	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
	0.01080	0.01406	0.01233



German Gastelo Chirinos
LABORATORISTA-FERMATI S.A.C



Juan Carlos Puma Ojeda Agosto
INGENIERO CIVIL
Reg. CP. 123951

964423859 - 943011231
Ca. José Galvez N° 120

fermatiasac@gmail.com
www.fermatisac.cf

Fuente: Elaboración Propia

Documento 44. Muestras adicionadas de 0.05% NPG del ensayo de durabilidad ante el ataque de sulfatos



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Solicitante: Alarcón Chong Ebert Bryan

Atención: Laboratorio de mecánica de suelos (USAT)

Obra/ Tesis: "Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del bloque de concreto convencional y adicionado de nanoplaquetas de grafeno"

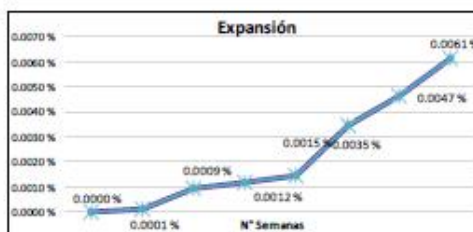
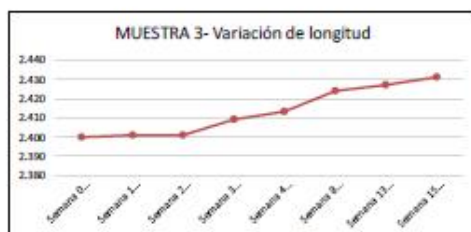
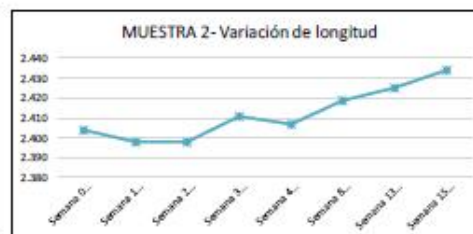
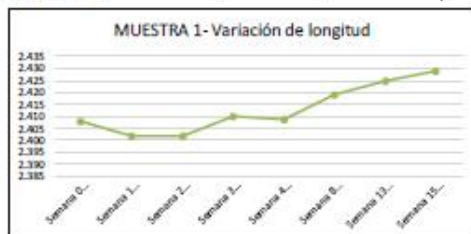
Lugar: Distrito Chililayo, Provincia Chililayo, Departamento Lambayeque

Código: ASTM C 157

Título: Método de prueba estándar para cambio de longitud de mortero y concreto de cemento hidráulico endurecido

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA: Concreto Adicionado 0.05% NPG
f'c=85 kg/cm2

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3	Expansión Acumulada	Expansión Aunfaria
Semana 0 (30/11/2022)	2.408	2.404	2.400	0.0000 %	0.0000 %
Semana 1 (07/12/2022)	2.402	2.398	2.401	0.0004 %	0.0001 %
Semana 2 (14/12/2022)	2.402	2.398	2.401	0.0032 %	0.0009 %
Semana 3 (21/12/2022)	2.410	2.411	2.409	0.0088 %	0.0012 %
Semana 4 (28/12/2022)	2.409	2.407	2.413	0.0112 %	0.0015 %
Semana 8 (25/01/2023)	2.419	2.419	2.424	0.0596 %	0.0035 %
Semana 13 (01/03/2023)	2.425	2.425	2.427	0.1688 %	0.0047 %
Semana 15 (25/01/2023)	2.429	2.434	2.431	0.2228 %	0.0061 %
Desviación Estandar	0.01080	0.01361	0.01233		



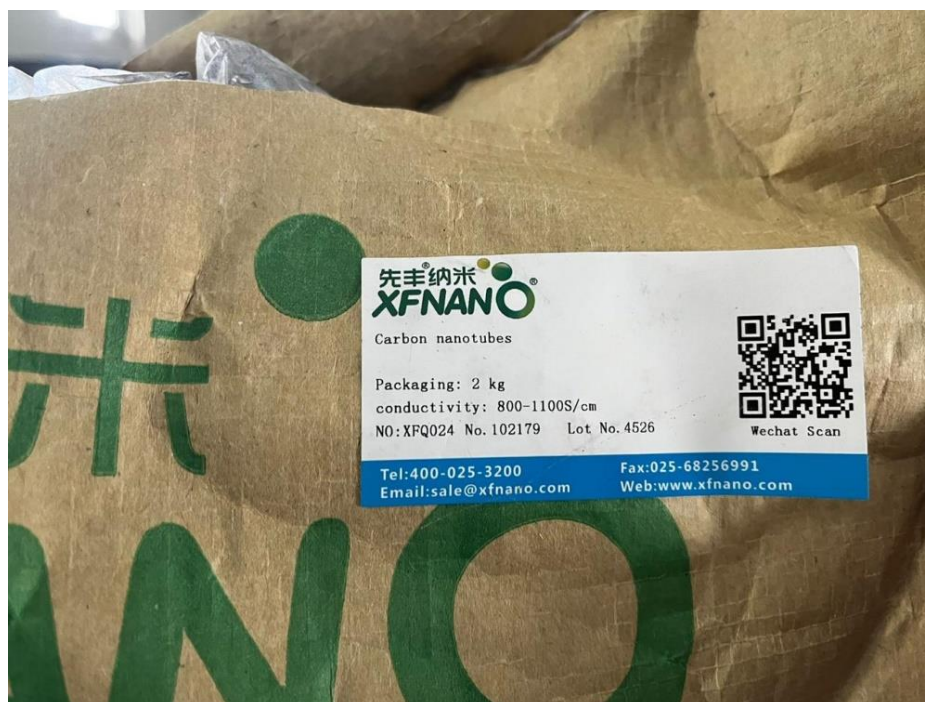
Anexo 02: Fotografías

Figura 27. Deficiencias de bloques de concreto en viviendas de la ciudad de Chiclayo



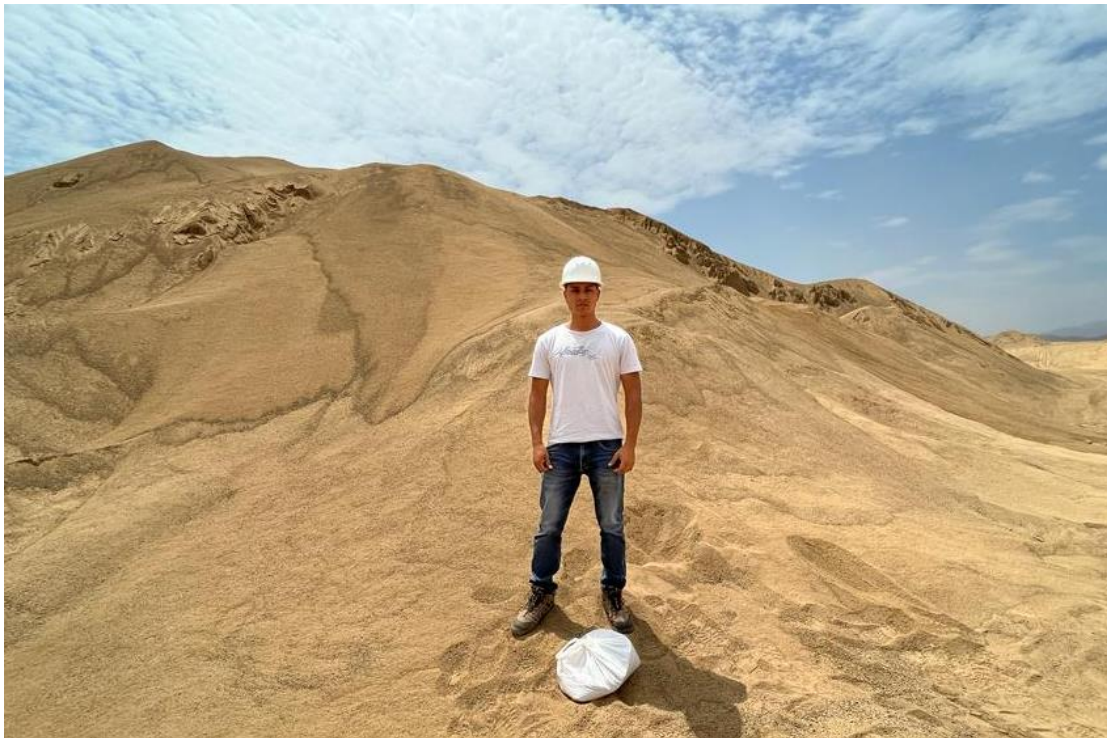
Fuente: Elaboracion Propia.

Figura 28. Entrega de Nanoplaquetas de Grafeno



Fuente: Elaboracion Propia.

Figura 29. Selección de agregado fino (cantera "Tres Tomas").



Fuente: Elaboracion Propia.

Figura 30. Selección de agregado grueso (chancadora "Piedra Azul").



Fuente: Elaboracion Propia.

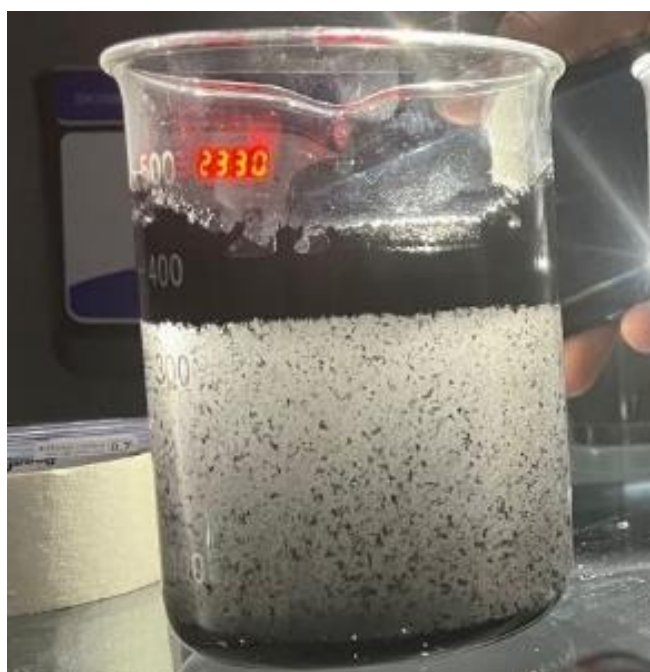
Figura 31. Nanoplaquetas de grafeno en máquina de ultrasonidos.



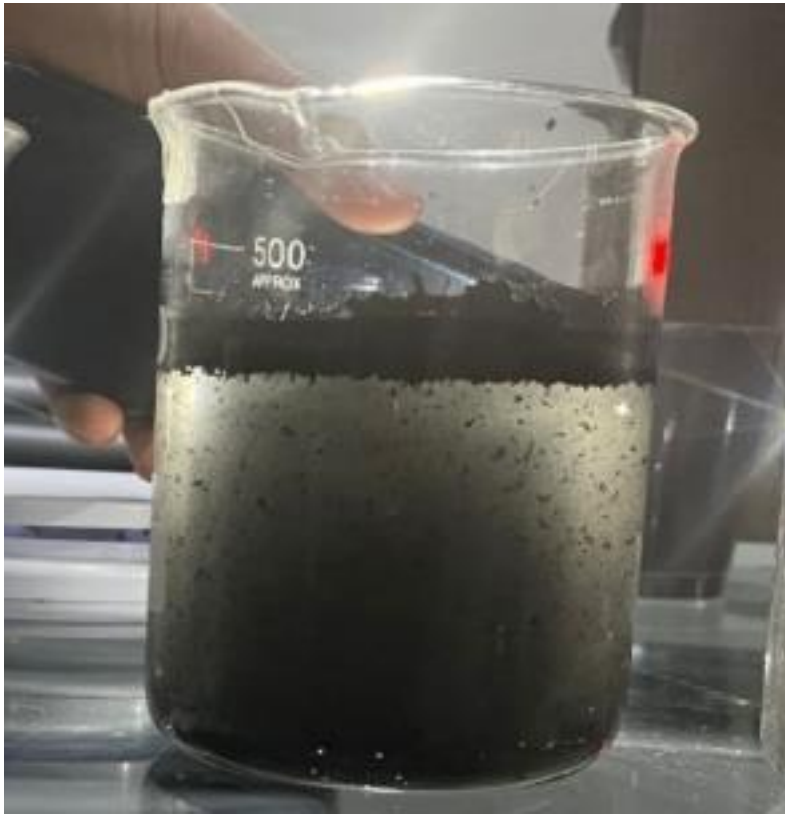
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 32. Nanoplaquetas de grafeno dispersadas en tiempos de: a) 20 minutos, b) 40 minutos y c) 60 minutos.

a)



b)



c)



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 33. Ensayo granulométrico por tamizado de los agregados



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 34. Moldes metálicos para bloques de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 35. Maquina vibratoria para elaboración de bloques.



Fuente: Elaboracion Propia.

Figura 36. Medición de slump por cono de Abrams



Fuente: Elaboracion Propia.

Figura 37. Vibración de la mezcla de concreto en el moldeado



Fuente: Elaboracion Propia.

Figura 38. Curado de los bloques de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 39. Almacenamiento de los Bloques de Concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 40. Resumen de resultados de resistencia a compresión



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 41. Bloques de concreto cortados con amoladora



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 42. Resumen resultados en pilas de bloques de concreto y adiconados



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 43. Falla en pilas de bloques de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 44. Resumen resultados en muretes de bloques de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 45. Fallas en muretes de bloques de concreto



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 46. Muestra de ensayo de durabilidad depositada en soporte metálico.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 47. Muestras de ensayo de durabilidad depositadas en contenedor de PVC.



Fuente: Elaboración Propia.