



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f_c 210 kg/cm² con
adición de óxido de grafeno, Lima, 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Bravo Bejarano, Juan Francisco (orcid.org/0000-0002-6962-1476)

Palma Chauca, Julia Graciela (orcid.org/0000-0002-4981-131X)

ASESOR:

Dr. Fernández Díaz, Carlos Mario (orcid.org/0000-0001-6774-8839)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A nuestra familia que con su apoyo y motivación fueron la inspiración para culminar este proyecto y lograr nuestros objetivos.

Agradecimiento

Gracias a Dios por permitirnos avanzar en la vida, a nuestra familia por la comprensión y paciencia, y a todas aquellas personas que nos apoyaron con su conocimientos y enseñanzas para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Resumen	vi
Abstract	vii
I. INTRODUCCIÓN	8
II. MARCO TEÓRICO	11
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables y operacionalización	18
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos.....	20
3.6. Método de análisis de datos	21
3.7. Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIÓN	34
VI. CONCLUSIONES.....	38
VII. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS.....	45

Índice de tablas

Tabla 1.	Diseño de mezcla del concreto con dosificación de óxido de grafeno a los 7 días de curado.....	22
Tabla 2.	Diseño de mezcla del concreto con dosificación de óxido de grafeno a los 14 días de curado.....	23
Tabla 3.	Diseño de mezcla del concreto con dosificación de óxido de grafeno a los 28 días de curado.....	24
Tabla 4.	Valores obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto base y con adición óxido de grafeno, a los 7 días de curado	25
Tabla 5.	Valores obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto base y con adición óxido de grafeno, a los 14 días de curado ...	26
Tabla 6.	Valores obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto base y con adición óxido de grafeno, a los 28 días de curado ...	27
Tabla 7.	Valores obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto base y con adición óxido de grafeno, a los 7 días de curado	28
Tabla 8.	Valores obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto base y con adición óxido de grafeno, a los 14 días de curado.....	29
Tabla 9.	Valores obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto base y con adición óxido de grafeno, a los 28 días de curado.....	30
Tabla 10.	Porcentaje de variación de las variables a los 7 días de curado	31
Tabla 11.	Porcentaje de variación de las variables a los 14 días de curado	32
Tabla 12.	Porcentaje de variación de las variables a los 28 días de curado	33

Resumen

Este trabajo de investigación, tiene como objetivo determinar la influencia de la incorporación del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto con f'_c 210 kg/cm² en Lima, 2022. El tipo de investigación fue aplicada, de diseño pre-experimental, y de enfoque cuantitativo. Previo a los ensayos, se realizó el estudio granulométrico de los agregados (fino y grueso), seguido del diseño de 5 mezclas del concreto con adición del 0.00%, 0.03%, 0.06%, 0.09%, 0.12% de óxido grafeno con tiempos de curado de 7, 14 y 28 días. Las muestras de 75 especímenes fueron sometidas a métodos de ensayo de resistencia a la compresión, según la NTP 339.034 bajo norma ASTM C39, y el método de ensayo de resistencia a la flexión del concreto según la NTP 339.078 bajo norma ASTM C293. Los resultados de los ensayos demuestran que la adición de óxido de grafeno al 0.03% en la mezcla de concreto incrementa en 271.60 kg/cm² equivalente al 44.06% de la resistencia a la compresión, mientras que la adición de óxido de grafeno al 0.12% incrementa en 42.15 kg/cm² equivalente al 18.33% de la resistencia a la flexión. Seguidamente, se realizó la discusión de los antecedentes con los resultados obtenidos. Finalmente, se concluye que la adición de óxido de grafeno en poco porcentaje incrementa la resistencia a la compresión, mientras que, para obtener un incremento en la resistencia a la flexión se requiere una mayor adición en porcentaje de óxido de grafeno.

Palabras clave: Óxido de grafeno, nanomateriales, propiedades mecánicas, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.

Abstract

This research work aims to determine the influence of the incorporation of graphene oxide on the mechanical properties of concrete with $f'c$ 210 kg/cm² in Lima, 2022. The type of research was applied, pre-experimental design, and quantitative approach. Prior to the tests, the granulometric study of the aggregates (fine and coarse) was carried out, followed by the design of 5 concrete mixtures with the addition of 0.00%, 0.03%, 0.06%, 0.09%, 0.12% of graphene oxide with cured for 7, 14 and 28 days. The samples of 75 specimens were subjected to compression resistance test methods, according to NTP 339.034 under the ASTM C39 standard, and the concrete flexural resistance test method according to NTP 339.078 under the ASTM C293 standard. The test results show that the addition of 0.03% graphene oxide in the concrete mix increases by 271.60 kg/cm², equivalent to 44.06% of the compressive strength, while the addition of 0.12% graphene oxide increases in 42.15 kg/cm² equivalent to 18.33% of the flexural resistance. Next, the background discussion was carried out with the results obtained. Finally, it is concluded that the addition of graphene oxide in a small percentage increases the resistance to compression, while, to obtain an increase in the resistance to flexion, a higher percentage addition of graphene oxide is required.

Keywords: Graphene oxide, nanomaterials, mechanical properties, compressive strength, flexural strength.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto como material de mayor uso en toda obra de ingeniería a nivel mundial, tiene al cemento como su aglutinante, sin embargo, obtener concretos de altas resistencias en compresión, es necesario de grandes cantidades de cemento, ocasionando problemas medioambientales (Zaid et al., 2021), sin embargo la comunidad científica tiene consenso de la necesidad de buscar diseños de concretos a nanoescala, incorporando nanomateriales, mejorando propiedades entre ellas: mecánicas y físicas, resistencia, durabilidad, permeabilidad, un concreto multifuncional que satisfaga las futuras construcciones de vanguardia cada vez más exigentes, así como la autoconstrucción (Dimov et al., 2018).

Según informe de las Naciones Unidas, el crecimiento demográfico de las ciudades se estima en porcentajes para este 2050 de un 55% al 68%, estimándose que el mayor crecimiento de las ciudades se dará en Asia y África, por ende, mayor necesidad de infraestructura urbana (Noticias ONU 2018), es así, que el mayor crecimiento y producción de edificaciones de gran altura se viene dando en ciudades del Asia, con el desarrollo de la tecnología de los materiales (Urban Hub, 2019); ese despegue económico de algunos países asiáticos, con el impulso de las ciudades sostenibles y las ciudades de los 15 minutos, como ciudades post pandemia, trae como consecuencia más áreas verdes y ciudades más densas, con edificaciones que necesitan crecer en altura y la necesidad de materiales que ayuden a ser más resistentes, durables pero también amigables con el medio ambiente.

El Perú, al encontrarse en el anillo de fuego, que concentra un 75% de volcanes en actividad y en una zona de subducción, es decir, una placa se hunde bajo otra, (placa de Nazca y Continental), se encuentra en constante fricción y gran actividad sísmica (Ayala, 2021), por otro lado, tenemos situaciones climáticas, con lluvias intensas en los meses de verano, ocasionando crecidas en los ríos, e inundaciones, convirtiéndose en fenómenos recurrentes. Según CAPECO, la construcción en el Perú representa un 5.8% del PBI, siendo el cemento su principal insumo, por tanto, es la construcción, pilar fundamental en la economía, con una demanda de viviendas y una cartera de

proyectos en infraestructura pública y saneamiento aún pendiente de realizar, necesitando por ende materiales más durables.

Con el impulso del proyecto de la Ley del Desarrollo Urbano Sostenible, teniendo como uno de sus objetivos, reducir la brecha de falta de vivienda de cerca de 500,000 mil familias, los distritos fomentarán la densificación de viviendas de carácter social; por otro lado, en un plazo de diez años en Lima se pretende edificar 84,298 unidades de vivienda (Diario El Peruano 2022), además de la infraestructura pública y privada en transporte urbano y recreación. Por tanto, se vienen realizando estudios que proponen el uso de la nanotecnología que ayude a tener un concreto más resistente.

Dentro de este contexto, se tiene al concreto como el material por excelencia por su resistencia a la compresión, sin embargo, también es un material frágil que puede fisurarse al no tener resistencia adecuada para evitar la formación de grietas, poca resistencia en tracción y su poca capacidad de deformarse (Lia et al., 2022). En nuestro país y en la ciudad de Lima, con asentamientos poblacionales en faldas de cerros, dirigidos por autoconstrucción, así como una ciudad económicamente fuerte, que desea crecer en altura y densidad pero que no lo hace por encontrarse en una zona sísmica, es necesario invertir en la investigación de nanomateriales optimizando las propiedades del concreto, principal elemento en la construcción y desarrollo de las ciudades.

El no investigar la aplicación de la nanotecnología en la optimización del concreto, en una zona sísmica y de recurrentes desastres originados por fenómenos naturales como huaycos e inundaciones y con una ciudad en continuo crecimiento, es poner en riesgo a la población y a la vez limitar el crecimiento y desarrollo de las ciudades.

Por lo indicado, nuestra investigación trata sobre el análisis de las propiedades mecánicas del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con adición del óxido de grafeno en Lima, 2022, para lo cual nos basamos en los aportes de Harmsen (2002) sobre las desventajas del concreto, al tener poca resistencia a la tracción, una relación resistencia a la compresión/peso muy por debajo al acero que puede cubrir grandes luces, así como

su deformación en el tiempo; y como segunda variable el óxido de grafeno, con los aportes de Casayco y Morales (2019) quien analizó incorporar el óxido de grafeno, incrementando al concreto de f'_c 175 kg/cm² mayor resistencia en compresión para edades 7 y 28 días, concluyendo que, a mayor dosis de óxido de grafeno en el diseño del concreto, mayor es su resistencia en el esfuerzo de compresión, demostrándose que el óxido de grafeno mejora la resistencia al esfuerzo de compresión del concreto con $f'_c=175$ kg/cm².

Después de revisar la información de la realidad problemática respecto a las variables de estudio, se plantea la siguiente pregunta: ¿De qué manera influye la adición del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto con f'_c 210 kg/cm² en Lima, 2022?, y de forma específica planteamos las siguientes preguntas: ¿De qué manera influye la dosificación del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto con f'_c 210 kg/cm², Lima, 2022?, ¿De qué manera influye la adición del óxido de grafeno en la resistencia a la compresión del concreto con f'_c 210 kg/cm², Lima, 2022?, y ¿De qué manera influye la adición del óxido de grafeno en la resistencia a la flexión del concreto con f'_c 210 kg/cm² , Lima, 2022?

Según lo indicado, nuestro objetivo general es: Determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto con f'_c 210 kg/cm², Lima, 2022, y los objetivos específicos son: Determinar la influencia de la dosificación del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto con f'_c 210 kg/cm², Lima, 2022. Determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en la resistencia a la compresión del concreto con f'_c 210 kg/cm², Lima, 2022. Determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en la resistencia a la flexión del concreto con f'_c 210 kg/cm², Lima, 2022.

II. MARCO TEÓRICO

En el presente trabajo de investigación, mostramos artículos de investigación de Zaid et al. (2022), cuya investigación desarrollada en Pakistán, buscó demostrar cómo mejoran las propiedades del hormigón con refuerzo con óxido de grafeno y fibra de acero, se estudiaron muestras con 5 mezclas diferentes en dosificaciones de 0.00%, 0.03%, 0.06%, 0.09% y 0.12% de óxido de grafeno. Para el estudio se aplicó ensayo de compresión según procedimiento definido en ASTM C39. Teniendo como resultado con 7 días de curado, las muestras con 0,03% 0,06%, 0,09% 0,12% de óxido de grafeno obtuvo resistencia a la compresión de 24, 26, 28 y 30 MPa sobre la muestra patrón; a los 28 días de curado se obtuvo una resistencia a la compresión de 34, 36, 39, y 41 MPa sobre la muestra patrón, a los 56 días de curado se obtuvo una resistencia a la compresión de 34, 37, 48, 52 y 53 MPa sobre la muestra patrón; finalmente, la muestra con 0,09% de óxido de grafeno obtuvo la más alta resistencia a la compresión luego de 90 días de curado alcanzando el 39% sobre la muestra patrón, la muestra con 0,03% de óxido de grafeno obtuvo la mejora mínima en la resistencia a la compresión con solo un 22%, las muestras con 0,06% y 0.12% de óxido alcanzó un 30% y 35%. Se concluyó que la adición de óxido de grafeno y fibras de acero en diferentes dosis, aumentó de manera considerable la resistencia a la compresión entre un 20% y un 39% a los 90 días de curado.

Wang et al. (2022), cuya investigación desarrollada en Australia, buscó demostrar la efectividad en la adición de óxido de grafeno para optimizar la resistencia mecánica del concreto, se estudiaron 7 muestras por cada mezcla en dosificaciones de 0.00%, 0.01% y 0.02%. Para el estudio se aplicó ensayo de compresión. Teniendo como resultado de la resistencia a la compresión a los 7 días de curado, indican que las muestras de concreto con adición de óxido de grafeno de 0.01% y 0.02%, resultó 91% y 77%, respectivamente, con respecto al concreto patrón. Se concluyó que la incorporación de óxido de grafeno aumenta considerablemente la resistencia a la compresión hasta 91%.

Dimov et al. (2018), cuya investigación desarrollada en Reino Unido, buscó exponer un concreto multifuncional de nanoingeniería mediante la adición de pequeñas porciones de grafeno que permite obtener funcionalidades de alto rendimiento, se estudiaron 150 muestras. Para el estudio se aplicó ensayo de compresión. Teniendo como resultado que en la nanoingeniería del concreto con grafeno presentó un aumento máximo de 146% en la compresión con 28 días de curado. Se concluyó que los resultados conducen a compuestos del concreto con alto nivel de resistencia, optimizando el rendimiento mecánico, asimismo aumentan sus funcionalidades con respecto a la nanoingeniería del concreto reforzado con grafeno, lo que genera un gran interés en el sector construcción para el desarrollo de aplicaciones competitivas e innovadoras.

Liu et al. (2022), cuya investigación desarrollada en China, estudió los mecanismos de fortalecimiento en diferentes porciones de óxido de grafeno y fibra de acero en la mezcla del concreto, en términos de propiedad mecánica, se diseñaron cinco mezclas de concreto con dosificación de 0.00%, 0.01%, 0.03%, 0.05% y 0.07% en peso cemento. Para el estudio se aplicaron ensayos de resistencias de compresión y flexión. Teniendo como resultado, luego de 3 días de fragua, la resistencia a la compresión de las muestras con 0,01% 0,03%, 0,05% 0,07% de óxido de grafeno obtuvo 23.50, 26, 27 y 24 MPa respectivamente, con respecto a la muestra patrón; después de 7 días de curado obtuvo resistencias a la compresión de 33, 35, 36.50 y 32 MPa sobre la muestra patrón; finalmente, la muestra con 0,05% de óxido de grafeno obtuvo la más alta resistencia a la compresión luego de 28 días de curado alcanzando 53.30 MPa sobre a la muestra patrón, la muestra con 0,07% de óxido de grafeno obtuvo la mejora mínima en la resistencia a la compresión con 46.50 MPa, la muestra con 0,01% y 0.03% alcanzó 47.20 y 49.50 MPa. Los resultados de resistencia a la flexión con 3 días de curado, con 0,01% 0,03%, 0,05% 0,07% de óxido de grafeno obtuvo 4.25, 4.75, 4.40, y 4.25 MPa con respecto a la muestra patrón; con 7 días de curado se obtuvo 5.60, 6.20, 5.80, y 5.60 MPa sobre la muestra patrón, finalmente, la muestra con 0,03% de óxido de grafeno obtuvo la más alta resistencia a la flexión luego de 28 días

de curado alcanzando 7.60 MPa con respecto a la muestra patrón, la muestra con 0,01% obtuvo la mínima resistencia a la flexión con 6.30 MPa, la muestra con 0,05% y 0.07% alcanzó 7 y 6.45 MPa. Se concluyó que, la inclusión del grafeno con 0.05% incremento un 20.1% en resistencia a compresión, mientras que con 0.03% incremento en 29.80% en resistencia a la flexión luego de 28 días de fragua, mejorando significativamente el rendimiento de las propiedades mecánicas del concreto.

Yua y Wu (2022), cuya investigación desarrollada en China, buscó examinar el uso de óxido de grafeno para optimizar las propiedades del concreto de alto rendimiento con árido reciclado, se estudiaron muestras con 5 mezclas diferentes en dosificaciones de 0.00%, 0.02%, 0.04%, 0.06% y 0.08% de óxido de grafeno. Para el estudio se aplicó ensayo de compresión y flexión. Los resultados de resistencia a la compresión indican que la muestra con 0.02%, 0.04%, 0.06% y 0.08% de óxido de grafeno obtuvo 162.60, 180.40, 184.91 y 182.59 MPa sobre la muestra patrón con 28 días de fragua. Los resultados de la resistencia a la flexión con dosis del 0.02% y 0.06% mostraron rangos entre 15.94 y 19.77 MPa respectivamente, con respecto a la muestra patrón, lo que indica que no fue directamente proporcional. Se concluyó que, con 28 días de curado la adición de óxido de grafeno con árido reciclado en diferentes dosis por peso de cemento varía entre 162.60 y 184.91 MPa, lo que aumentó de manera considerable la resistencia a la compresión entre 2.04% y 16.04%; asimismo la resistencia a la flexión aumentó entre 5.83% y 23.40%.

Somasri y Narendra (2021), cuya investigación desarrollada en India, buscó determinar el concreto autocompactante con propiedades de alta resistencia usando óxido de grafeno, se estudiaron muestras con 6 mezclas diferentes en dosificaciones de 0.00%, 0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, y 0.10% de óxido de grafeno. Para el estudio se aplicó ensayo de compresión y flexión. Los resultados de resistencia a la compresión indican que la muestra con 0,02% 0,04%, 0.06%, 0,08% 0,10% de óxido de grafeno obtuvo 39.20, 40.10, 42.20, 42.40 y 46.5 MPa, respectivamente, con respecto a la muestra patrón luego de 7 días de curado; a los 28 días de curado se obtuvo 63.90, 65.20, 66.40, 66.7, y 73.60 MPa, respectivamente, a los 56 días de curado se obtuvo 70.29,

71.72, 73.04, 73.37 y 80.96 MPa, respectivamente; y a los 90 días de curado se obtuvo 73.80, 75.31, 76.69, 77.04, y 85.01 MPa, respectivamente. Los resultados de resistencia a la flexión indican que las muestras con 0,02%, 0,04%, 0,06%, 0,08% y 0,10% de óxido de grafeno obtuvieron 7.10, 7.27, 7.33, 7.67, y 8.32 MPa, respectivamente, con respecto a la muestra patrón luego de 7 días de curado; a los 28 días de curado se obtuvo 8.63, 9.03, 9.13, 9.47, y 10.41 MPa, respectivamente, a los 56 días de curado se obtuvo 9.49, 9.93, 10.04, 10.41, y 11.45 MPa, respectivamente; y a los 90 días de curado se obtuvo 9.97, 10.43, 10.55, 10.04, y 12.02 MPa, respectivamente. Se concluyó que, a los 7, 28, 56 y 90 días de curado, con 0.10% de óxido de grafeno alcanzó una máxima resistencia de 46.5, 73.60, 80.96, 85.01 MPa, respectivamente; asimismo se mostró la resistencia a la flexión máxima de 8.32, 10.41, 11.45, 12.02 MPa., mejorando significativamente el rendimiento de las propiedades mecánicas.

De las tesis de investigación, tenemos a Casayco y Morales (2019), cuya investigación desarrollada en Lima, buscó analizar las propiedades del concreto al incorporar óxido de grafeno para optimizar la resistencia a la compresión del concreto de f'_c 175 kg/cm² con 7 y 28 días de fraguado, se estudió 42 testigos para ensayo de resistencia a la compresión. Para el estudio se aplicó ensayo de compresión del concreto (ASTM C39). Teniendo como resultado, para el diseño con 0.10% de óxido de grafeno a los 7 y 28 días obtuvo 161.03 kg/cm², y 222.1 kg/cm² equivalente al 92.0% y 126.9%, superando el porcentaje de resistencia mínimo requerido de 80% y 100%, mientras que para el diseño con 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08% y 0.09%, con 7 días de curado se obtuvo 149.30 kg/cm², 150.53 kg/cm², 155.90 kg/cm², 158.17 kg/cm² y 160.63 kg/cm², respectivamente; con 28 días de fraguado obtuvo 179.40 kg/cm², 182.40 kg/cm², 191.30 kg/cm², 202.90 kg/cm², y 216.10 kg/cm², respectivamente. Se concluyó que, a mayor dosis de óxido de grafeno en el diseño del concreto, mayor es la resistencia al esfuerzo de compresión, por lo que se demostró que el óxido de grafeno mejora la resistencia a la compresión del concreto.

Ávila (2018), cuya investigación desarrollada en Samborondon - Ecuador, buscó aumentar la resistencia a la compresión sobre cubos de mortero con óxido de grafeno

de origen ecuatoriano, se estudió 26 muestras. Para el estudio se aplicó ensayo de compresión. Teniendo como resultado a los 14 días de fraguado, con adición del 0.00%, 0.03%, 0.04, 0.05%, y 0.06% de óxido de grafeno logró resistencias promedio de 103.10, 128.30, 129.10, 130.23 kg/cm², y 132.03 kg/cm², respectivamente. Se concluyó que, la mayor resistencia obtenida fue 0.06% de óxido de grafeno incrementando en 28.12%.

Después de mencionar la información de los trabajos previos, mostramos las teorías de las de las variables de estudio: Para definir el óxido de grafeno, Salas et al. (2021) refiere que es una lámina bidimensional conformada por átomos de carbono en forma de panal de abeja con grupos funcionales de oxígeno e hidróxido. Al respecto, Lia et al. (2022) manifiesta que los grupos funcionales se componen de hidroxilo, epóxido, carboxilo y carbonilo en su superficie. Según Mmaduka (2019) estas funcionalidades adicionadas aumentan la separación entre las capas, haciendo que el material sea hidrófilo, es decir, dispersarse en agua. Además, Zaid (2022) afirma que por naturaleza oxidativa el óxido de grafeno se puede esparcir sin esfuerzo en el agua. Del grafeno, obtenemos como derivado, el óxido de grafeno, mediante la aplicación del método Hummers denominado así al proceso de oxidación, exfoliación y purificación del grafeno (Santos et al., 2021). Según Mohammed et al. (2019) el óxido de grafeno es un nanomaterial obtenido por oxidación del grafeno, cuyos átomos de carbono se encuentran en una estructura bidimensional hexagonal, con muchos grupos funcionales que reaccionan con diversos materiales creando fuertes enlaces y cuya adición en el concreto pueden mejorar las propiedades mecánicas como el esfuerzo a la compresión y flexión. Según Shamsaei (2018), el óxido de grafeno posee propiedades mecánicas, químicas, térmicas, y eléctricas, siendo atractivo su aplicación, ya que mejora la resistencia estructural, durabilidad, e impermeabilidad de los materiales, además de, ser autolimpiante y permitir el ahorro de energía. Recientes investigaciones demuestran su capacidad en la transformación del material convencional en material moderno, siendo más fuerte, duradero e inteligente. Desde el punto de vista de Choque (2021) debido a las propiedades que ofrece el óxido de grafeno, su aplicación ha resultado provechosa en todos los escenarios, por lo que

diversos sectores empresariales siguen investigando. Entre los sectores de aplicación industrial tenemos la de energía, blindaje, celulares, y últimamente el sector construcción ha mejorado lo mencionado. En ese sentido, Paz (2018) afirma que para el refuerzo de materiales cementíceos el nanomaterial más adecuado es el óxido de grafeno. Según Basquiroto et al. (2022) este nanomaterial es usado ampliamente para reforzar las propiedades mecánicas de los compuestos cementosos por su alta dispersión en el agua y alta compatibilidad con los productos de hidratación del cemento. Al respecto, Santos (2020) señala que adicionando óxido de grafeno en mezclas de concreto se obtienen propiedades con mayor nivel de resistencia, impermeabilidad y durabilidad, además, del bajo efecto contaminante al medio ambiente. Asimismo, Paz (2018) refiere que los resultados de las pruebas demuestran que el óxido de grafeno en proporciones bajas de porcentaje de contenido de peso puede permitir un mayor nivel de resistencia.

La definición del concreto, según el RNE E.060, es una mezcla compuesta por cemento Portland u otro cemento hidráulico, agregados grueso y fino, y agua, con o sin aditivos. Esta mezcla está compuesta por: El cemento que es un aglutinante principal, mantiene unidos a los agregados, y en presencia de agua se produce el concreto (Liu et al., 2022). Los agregados: son materiales granulares que se obtienen de la naturaleza o de modo artificial. Los tipos de agregado son: Fino: de 9,5 mm (3/8") de tamizado, y Grueso: de 4,75 mm (N°4) de tamizado. El agua: para el concreto se debe utilizar agua potable, es importante que sea limpia y libre de contaminantes que afecten la propiedad del concreto. Los aditivos: son materiales usados como componente del concreto, se adiciona con anterioridad o en el proceso de mezcla para modificar sus propiedades (RNE E.060-Concreto armado, 2019). El diseño de mezcla, según Porrero et al. (2014) es el proceso donde se estima la cantidad de compuestos o material que se integra en el mezclado del concreto, cuyo fin es adquirir el desempeño que se desea de forma fresca y endurecida. La calidad de un concreto se determina por sus propiedades mecánicas y por su durabilidad (Caballero, 2017). Al respecto, Porrero (2014) afirma que las propiedades del concreto van a depender de las características y proporciones de sus elementos constitutivos. Una propiedad

mecánica importante del concreto es la evolución de las resistencias a lo largo del tiempo (Dimov et al.,2020). La resistencia a la compresión del concreto, según Iribarren (2014), consiste en la facultad de soporte de peso por unidad de área, expresado en término de presión, por general en kg/cm², MPa y con cierta frecuencia libras por pulgada cuadrada (psi), conocido como resistencia especificada a la compresión f'_c . La resistencia a flexión consiste en la medida indirecta de resistencia a la tracción del concreto, conocida como módulo de rotura del concreto f_r , bajo la unidad de medida de libras por pulgada cuadrada (MPa) (ASTM C78 y ASTM C293) (Masías, 2018). Según el RNE E.060-Concreto armado (2019), tanto muestreo como ensayo de componentes del concreto deben realizarse de acuerdo a las NTP, respectivamente. En ese sentido, Dimov et al. (2020), menciona que los métodos más utilizados para evaluar la propiedad mecánica del concreto es el ensayo de resistencia a compresión y flexión sobre cubos y vigas de concreto, respectivamente. El método de ensayo normalizado determina la resistencia a la compresión del concreto, según la NTP 339.034:2015 Concreto, según norma ASTM C39/C39M:2015. El método de ensayo que determina la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro del tramo es la NTP 339.079:2012, y NTP 339.078:2012 método de ensayo que determina la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga a los tercios del tramo, según norma ASTM C293/C293M-16.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Según Lozada (2014), la investigación aplicada genera conocimiento con aplicación de forma directa y a mediano plazo sobre problemas sociales o del sector productivo. Toma el conocimiento básico transformándolo en productos y soluciones a necesidades específicas. Será de tipo aplicada, cuyo propósito es demostrar y solucionar la problemática con impacto positivo a la sociedad.

Diseño de investigación

El nivel pre experimental tiene un grado de control mínimo en la cual dirige un estímulo al objeto de análisis y con ello determinar un nivel de representación de la variable dependiente (Borjas, 2011). El diseño será pre - experimental, debido a que tiene un mínimo control de la variable independiente, midiendo la eficacia del resultado; el estudio, es de corte transversal.

3.2. Variables y operacionalización

Una variable es aquella característica, o propiedad que podría variar o no en el objeto de investigación (Borjas, 2012).

Variable 1: Óxido de grafeno (Variable independiente)

Esta variable será de categoría cuantitativa. El óxido de grafeno en proporciones bajas de porcentaje de contenido de peso puede permitir un mayor nivel de resistencia al concreto (Paz, 2018).

Variable 2: Propiedades mecánicas del concreto (Variable dependiente)

Esta variable será de categoría cuantitativa. Una de las principales propiedades mecánicas del concreto es la evolución de las resistencias a lo largo del tiempo (Dimov et al., 2020).

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

Bajo el enfoque estadístico, denominamos población o universo al conjunto de individuos o elementos escogidos por concepto de estudio (Borjas, 2012). La investigación tendrá como población el concreto con y sin adición de óxido de grafeno.

- **Criterios de inclusión:**

Concreto f_c 210 kg/cm² con y sin adición de óxido de grafeno.

- **Criterios de exclusión:**

Concreto mayor o menor a f_c 210 kg/cm² con y sin adición de óxido de grafeno.

Muestra:

Definido como parte de la población en un procedimiento cuantitativo, de las cuales se evaluarán con respecto al objetivo de la investigación, por eso, es importante definir con objetividad y precisión los elementos que serán una muestra representativa de la población (Hernández, 2014). Se realizará bajo el referente de un artículo científico realizado por Zaid et al., para establecer la porción de mezcla según el porcentaje de dosificación, y tiempo del curado. Por tanto, se tomarán 75 muestras para los ensayos de resistencia a la compresión y flexión, conformada por 5 mezclas de concreto con dosificación del óxido de grafeno al 0%, 0.03%, 0.06%, 0.09% y 0.12%, para edades de 7, 14 y 28 días.

Muestreo:

Para Ñaupá et al. (2014) el muestreo bajo juicios o criterios de investigación corresponde a modos asumidos por el muestreo no probabilístico, que por lo general se presenta en estudios experimentales. Se realizará un muestreo no probabilístico, debido a que la toma de datos se basará en ensayos cuyas muestras serán sometidas a esfuerzos mecánicos de compresión y flexión, a fin de obtener resistencias óptimas para el concreto f_c 210 kg/cm².

Unidad de análisis:

Según Hernández (2014), la unidad de análisis se basa en elementos particulares como herramienta de estudio. Esta investigación tiene como unidad de análisis, las probetas cilíndricas de concreto.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

En toda investigación, la técnica a emplear para obtener la información, se presentan en formatos correspondientes de cada tarea, para casos de proyecto de ingenieros debe mostrarse el formato a ser usado (Borjas, 2012, p. 33). Para esta investigación se realizarán técnicas de observación directa, análisis documentario, y ensayos en testigos cilíndricos de concreto con adición y sin adición de óxido de grafeno, con la finalidad de recoger datos para procesarlos en hojas de cálculo de Excel, que permitirá analizar e interpretar con facilidad los datos obtenidos.

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento es una herramienta usada para registrar y recolectar los datos obtenidos (Pineda et al., 1994, p.125). La recolección, como instrumento, se sostiene en 3 requisitos: confiabilidad, validez y objetividad (Hernández et al. 2014). Todo instrumento es utilizado de acuerdo al ensayo de laboratorio a realizar, considerando los protocolos, normas ASTM y la NTP, así tenemos el ensayo de compresión y flexión.

3.5. Procedimientos

En la elaboración del presente trabajo se recopiló material de fuentes confiables no mayor de 5 años de antigüedad, de acuerdo las variables de estudio se hallarán tesis nacionales e internacionales, artículos, revistas indexadas, libros y normas vigentes. Los materiales para el concreto serán comprados en la localidad a excepción del óxido de grafeno que será importado, se elaborarán las muestras con el diseño de mezcla de concreto adicionando 0.00%, 0.03%, 0.06%, 0.09% y 0.12% de óxido de grafeno, cuyas probetas serán sometidas al ensayo de resistencia a la compresión y flexión. La

información obtenida de los ensayos mencionados, son derivados en los instrumentos respectivos, y procesamiento de los mismos en herramienta Excel.

3.6. Método de análisis de datos

El análisis e interpretación de la información son procesos distintos, pero estrechamente ligados, mientras el análisis de datos se basa en dividir la parte básica de la información y examinarla con la finalidad de atender a las diversas cuestiones abordadas en la investigación, la interpretación viene a ser el procesamiento mental por el cual se trata de hallar un significado más extenso con respecto a la información empírica recabada (Hernández et al., 2014). El análisis estadístico aplica para los datos cuantitativos, teniéndose su confiabilidad por la validación y adopción de protocolos en los métodos de ensayos efectuados al concreto con y sin adición de óxido de grafeno; se utilizó y recolectó toda información proveniente del ensayo de resistencias a compresión y flexión, el procesamiento de toda información será a través de la herramienta Excel, de los cuales obtendremos gráficos necesarios para cumplir con el enfoque cuantitativo.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación recopiló información sobre fuentes confiables como tesis, revistas científicas, artículos científicos, normas vigentes y libros, las cuales son citadas con referencia a la norma ISO 690. Los valores de honestidad, sinceridad con uno mismo y con los demás, van de la mano con la verdad, justicia y respeto. Transparencia por la veracidad y confidencialidad de la información vertida en el estudio.

IV. RESULTADOS

A partir de los ensayos de los análisis granulométricos, peso unitario, peso específico y absorción de los agregados, y gravedad específica de sólidos, se conocieron las propiedades físicas de los materiales, permitiendo elaborar el cálculo para el diseño de la mezcla del concreto 210 kg/cm² con y sin adición de óxido de grafeno, lo que permite mostrar los resultados de los ensayos realizado por el laboratorio MTL Geotecnia S.A.C., según los objetivos:

Objetivo específico 1: Determinar la influencia de la dosificación del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm², Lima, 2022.

Tabla 1. *Diseño de mezcla del concreto con dosificación de óxido de grafeno a los 7 días de curado*

N° Diseño de Mezcla	Cantidad de materiales					Resistencia a la compresión (%)	Resistencia a la flexión (%)	
	Cemento (kg)	Agregado fino (kg)	Agregado grueso (kg)	Agua (lts)	Óxido de grafeno (OG)			
					(%)			(g)
1	36.47	77.51	90.83	19.55	0.00 %	0.00	-	-
2	36.47	77.51	90.83	19.55	0.03 %	10.94	23.25	-
3	36.47	77.51	90.83	19.55	0.06 %	21.88	-	3.79
4	36.47	77.51	90.83	19.55	0.09 %	32.82	-	7.59
5	36.47	77.51	90.83	19.55	0.12 %	43.77	-	23.33

Fuente: elaboración propia.

La tabla 1, muestra el resultado de 5 diseños de mezcla a los 7 días de curado, diferenciados con y sin adición de óxido de grafeno; se observó que solo la muestra del 0.03% obtuvo un incremento del 23.25% de la resistencia a la compresión sobre la muestra base, mientras que, para la resistencia a la flexión, obtuvo un aumento del 3.79%, 7.59% y, 23.33% para las muestras 0.06%, 0.09% y 0.12%, respectivamente. Por tanto, no necesariamente una sola dosificación en % de óxido de grafeno obtiene la mayor resistencia por compresión y flexión.

Tabla 2. *Diseño de mezcla del concreto con dosificación de óxido de grafeno a los 14 días de curado*

N° Diseño de Mezcla	Cantidad de materiales						Resistencia a la compresión (%)	Resistencia a la flexión (%)
	Cemento (kg)	Agregado fino (kg)	Agregado grueso (kg)	Agua (lts)	Óxido de grafeno (OG)			
					(%)	(g)		
1	36.47	77.51	90.83	19.55	0.00 %	0.00	-	-
2	36.47	77.51	90.83	19.55	0.03 %	10.94	14.91	-
3	36.47	77.51	90.83	19.55	0.06 %	21.88	4.20	1.59
4	36.47	77.51	90.83	19.55	0.09 %	32.82	-	14.15
5	36.47	77.51	90.83	19.55	0.12 %	43.77	-	18.14

Fuente: elaboración propia.

La tabla 2, se muestra el resultado de 5 diseños de mezcla a los 14 días de curado, diferenciados con y sin adición de óxido de grafeno; se observó que la muestra de 0.03%, y 0.06% obtuvieron un incremento del 14.91% y 4.20% de la resistencia a la compresión sobre la muestra base, mientras que, para la resistencia a la flexión, obtuvo un aumento del 1.59%, 14.21% y, 18.06% para las muestras 0.06%, 0.09% y 0.12%, respectivamente, sobre la muestra base. Por tanto, las muestras 0.03% y 0.12% alcanzaron el mayor valor de 14.91% y 18.14% de resistencias por compresión y flexión, respectivamente.

Tabla 3. *Diseño de mezcla del concreto con dosificación de óxido de grafeno a los 28 días de curado*

N° Diseño de Mezcla	Cantidad de materiales						Resistencia a la compresión (%)	Resistencia a la flexión (%)
	Cemento (kg)	Agregado fino (kg)	Agregado grueso (kg)	Agua (lts)	Óxido de grafeno (OG)			
					(%)	(g)		
1	36.47	77.51	90.83	19.55	0.00 %	0.00	-	-
2	36.47	77.51	90.83	19.55	0.03 %	10.94	44.06	-
3	36.47	77.51	90.83	19.55	0.06 %	21.88	6.76	-
4	36.47	77.51	90.83	19.55	0.09 %	32.82	14.85	10.11
5	36.47	77.51	90.83	19.55	0.12 %	43.77	15.84	18.33

Fuente: elaboración propia.

La tabla 3, se muestra el resultado de 5 diseños de mezcla a los 28 días de curado, diferenciados con y sin adición de óxido de grafeno; se observó que la muestra de 0.03%, 0.06%, 0.09%, y 0.12% obtuvieron un incremento del 44.06%, 6.76%, 14.85%, y 15.84% de la resistencia a la compresión sobre la muestra base, mientras que, para la resistencia a la flexión, obtuvo un aumento del 10.19%, y 18.42% para las muestras 0.09% y 0.12%, respectivamente, sobre la muestra base. Por tanto, las muestras 0.03% y 0.12% alcanzaron el mayor valor de 44.06% y 18.33% de resistencias a compresión y flexión, respectivamente.

Según lo mencionado, de las muestras a los 7, 14 y 28 días de curado, se determina que la hipótesis de investigación se acepta, debido a que la adición de óxido de grafeno influye de manera favorable en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm².

Objetivo específico 2: Determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm², Lima, 2022.

Tabla 4. Valores obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto base y con adición óxido de grafeno, a los 7 días de curado

N° Muestra	Dosificación de óxido de grafeno - OG (%)	Edad de curado (días)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo Promedio (kg/cm ²)	% $f'c$ con la muestra base
1	0.00%	7	190.6	197.87	100.00
2	0.00%	7	208.8		
3	0.00%	7	194.2		
4	0.03%	7	250.8	243.87	123.25
5	0.03%	7	245.0		
6	0.03%	7	235.8		
7	0.06%	7	156.8	183.60	92.79
8	0.06%	7	202.4		
9	0.06%	7	191.6		
10	0.09%	7	130.6	136.07	68.77
11	0.09%	7	138.9		
12	0.09%	7	138.7		
13	0.12%	7	130.1	152.33	76.99
14	0.12%	7	181.5		
15	0.12%	7	145.4		

Fuente: elaboración propia.

La tabla 4, detalla el resultado de 15 muestras a los 7 días de curado, se observó que la muestra de 0.03% alcanzó el máximo incremento de 243.87 kg/cm² de la resistencia por compresión sobre el concreto base, mientras que las muestras de 0.00%, 0.06%, 0.09% y 0.12% alcanzaron un esfuerzo promedio de 197.87 kg/cm², 183.60 kg/cm², 136.07 kg/cm², y 152.33 kg/cm², respectivamente. Por tanto, la muestra con 0.03% de OG obtuvo un 23.25% de resistencia por encima de la muestra base.

Tabla 5. Valores *obtenidos* de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto base y con adición óxido de grafeno, a los 14 días de curado

N° Muestra	Dosificación de óxido de grafeno - OG (%)	Edad de curado (días)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo Promedio (kg/cm ²)	% f'c con la muestra base
1	0.00%	14	222.80	215.90	100
2	0.00%	14	196.40		
3	0.00%	14	228.50		
4	0.03%	14	221.40	248.10	114.91
5	0.03%	14	294.30		
6	0.03%	14	228.60		
7	0.06%	14	220.70	224.96	104.20
8	0.06%	14	192.30		
9	0.06%	14	261.90		
10	0.09%	14	176.40	192.83	89.31
11	0.09%	14	203.20		
12	0.09%	14	198.90		
13	0.12%	14	241.20	208.50	96.57
14	0.12%	14	157.90		
15	0.12%	14	226.40		

Fuente: elaboración propia.

La tabla 5, muestra el resultado de 15 muestras luego de 14 días de curado, se observó que la muestra de 0.03% alcanzó el máximo incremento de 248.10 kg/cm² de la resistencia por compresión sobre la muestra base, mientras que las muestras de 0.00%, 0.06%, 0.09% y 0.12% alcanzaron un esfuerzo promedio de 215.90 kg/cm², 224.96 kg/cm², 192.83 kg/cm², y 208.50 kg/cm², respectivamente. Por tanto, la muestra con 0.03% de OG obtuvo un 14.91% de resistencia por encima de la muestra base.

Tabla 6. Valores *obtenidos* de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto base y *con* adición óxido de grafeno, a los 28 días de curado

N° Muestra	Dosificación de óxido de grafeno (%)	Edad de curado (días)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo Promedio (kg/cm ²)	% f'c con la muestra base
1	0.00%	28	205.90	188.53	100
2	0.00%	28	186.80		
3	0.00%	28	172.90		
4	0.03%	28	258.40	271.60	144.06
5	0.03%	28	244.70		
6	0.03%	28	311.70		
7	0.06%	28	189.90	201.20	106.72
8	0.06%	28	214.00		
9	0.06%	28	199.70		
10	0.09%	28	230.30	216.53	114.85
11	0.09%	28	200.30		
12	0.09%	28	219.00		
13	0.12%	28	258.80	218.40	115.84
14	0.12%	28	236.70		
15	0.12%	28	159.70		

Fuente: elaboración propia.

La tabla 6, muestra el resultado de 15 muestras luego de 28 días de curado, se observó que la muestra de 0.03% alcanzó el máximo incremento de 271.60 kg/cm² de la resistencia por compresión sobre el concreto base, mientras que las muestras de 0.00%, 0.06%, 0.09% y 0.12% alcanzaron un esfuerzo promedio de 188.53 kg/cm², 201.20 kg/cm², 216.53 kg/cm², y 218.40 kg/cm², respectivamente. Por tanto, la muestra con 0.03% de OG obtuvo un 44.60% de resistencia por encima de la muestra base.

Según los resultados de las muestras a los 7, 14 y 28 días de curado, se determina que la hipótesis de investigación se acepta, debido a que la adición de óxido de grafeno influye de manera favorable en la resistencia a la compresión del concreto f'c 210 kg/cm².

Objetivo específico 3: Determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en la resistencia a la flexión del concreto f'c 210 kg/cm², Lima, 2022.

Tabla 7. Valores *obtenidos* de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto base y con adición óxido de grafeno, a los 7 días de curado

N° Muestra	Dosificación de óxido de grafeno - OG (%)	Edad de curado (días)	Módulo de rotura (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	% con la muestra base
1	0.00%	7	30.86	32.36	100.00
2	0.00%	7	33.85		
3	0.03%	7	28.14	31.61	97.70
4	0.03%	7	35.08		
5	0.06%	7	33.17	33.58	103.79
6	0.06%	7	33.99		
7	0.09%	7	36.17	34.81	107.59
8	0.09%	7	33.45		
9	0.12%	7	38.75	39.91	123.33
10	0.12%	7	41.06		

Fuente: elaboración propia.

La tabla 7, muestra el resultado de 10 muestras a los 7 días, se observó que la muestra 0.06%, 0.09%, 0.12% obtuvo un módulo de rotura promedio 33.58 kg/cm², 34.81 kg/cm² y 39.91 kg/cm² con respecto a la muestra base, mientras que las muestras 0.00%, 0.03%, alcanzaron un módulo de rotura de 32.36 kg/cm² y 31.61 kg/cm², respectivamente. Por tanto, la muestra con 0.12% de OG obtuvo el máximo valor de 23.33% de resistencia a la flexión por encima de la muestra base.

Tabla 8. Valores *obtenidos* de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto base y con *adición* óxido de grafeno, a los 14 días de curado

N° Muestra	Dosificación de óxido de grafeno – OG (%)	Edad de curado (días)	Módulo de rotura (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	% con la muestra base
1	0.00%	14	32.63	34.06	100
2	0.00%	14	35.49		
3	0.03%	14	34.67	33.10	97.18
4	0.03%	14	31.54		
5	0.06%	14	27.74	34.60	101.59
6	0.06%	14	41.47		
7	0.09%	14	37.66	38.88	114.15
8	0.09%	14	40.11		
9	0.12%	14	41.88	40.24	118.14
10	0.12%	14	38.61		

Fuente: elaboración propia.

La tabla 8, muestra el resultado de 10 muestras a los 14 días, se observó que la muestra 0.06%, 0.09%, 0.12% obtuvo un módulo de rotura promedio 34.60 kg/cm², 38.88 kg/cm² y 40.24 kg/cm² sobre la muestra base, mientras que las muestras 0.00%, 0.03%, alcanzaron módulos de rotura de 34.06 kg/cm² y 33.10 kg/cm², respectivamente. Por tanto, la muestra con 0.12% de OG obtuvo el máximo valor de 18.14% de resistencia a la flexión por encima de la muestra base.

Tabla 9. Valores obtenidos de los ensayos de resistencia a la flexión del concreto base y con adición óxido de grafeno, a los 28 días de curado

N° Muestra	Dosificación de óxido de grafeno – OG (%)	Edad de curado (días)	Módulo de rotura (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	% con la muestra base
1	0.00%	28	34.94	35.62	100
2	0.00%	28	36.30		
3	0.03%	28	29.78	30.18	84.72
4	0.03%	28	30.59		
5	0.06%	28	37.25	33.11	92.93
6	0.06%	28	28.96		
7	0.09%	28	40.52	39.22	110.11
8	0.09%	28	37.93		
9	0.12%	28	40.92	42.15	118.33
10	0.12%	28	43.37		

Fuente: elaboración propia.

La tabla 9, muestra el resultado de 10 muestras a los 28 días, se observó que la muestra 0.09%, 0.12% obtuvo un módulo de rotura promedio 39.22 kg/cm² y 42.15 kg/cm² sobre la muestra base, mientras que las muestras 0.00%, 0.03%, y 0.06% lograron un módulo de rotura de 35.62 kg/cm², 30.18 kg/cm² y 33.11 kg/cm², respectivamente. Por tanto, la muestra con 0.12% de OG obtuvo el máximo valor de 118.33% de resistencia por flexión sobre la muestra base.

Según los resultados de las muestras a los 7, 14 y 28 días de curado, se determina que la hipótesis de investigación se acepta, debido a que la adición de óxido de grafeno influye de manera favorable en la resistencia a la flexión del concreto f'c 210 kg/cm².

Objetivo general: Determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm², Lima, 2022.

Tabla 10. Porcentaje de variación de las variables a los 7 días de curado

N° Mezcla	Óxido de grafeno - OG (%)	Edad de curado (días)	Propiedades mecánicas del concreto			
			Resistencia a la compresión		Resistencia a la flexión	
			Esfuerzo (kg/cm ²)	Porcentaje de variación (%)	Módulo de rotura (kg/cm ²)	Porcentaje de variación (%)
1	0.00%	7	197.87	100.00	32.36	100.00
2	0.03%	7	243.87	123.25	31.61	97.70
3	0.06%	7	183.60	92.79	33.58	103.79
4	0.09%	7	136.07	68.77	34.81	107.59
5	0.12%	7	152.33	76.99	39.91	123.33

Fuente: elaboración propia.

La tabla 10, muestra el resultado de 5 mezclas a los 7 días de curado, se observó que la muestra de 0.03% alcanzo un incrementó de 243.87 kg/cm² en el esfuerzo a la compresión sobre el concreto base, en comparación con las demás muestras que no superaron el esfuerzo base. Y el módulo de rotura (flexión) para la muestra 0.06%, 0.09%, y 0.12% obtuvo un promedio de 33.58 kg/cm², 34.81 kg/cm² y 39.91 kg/cm² sobre la muestra base, a diferencia de las demás muestras que no superaron la rotura base. Por tanto, las muestras con 0.03% y 0.12% de OG obtuvieron el máximo valor de 23.25% y 23.33%, de resistencias de compresión y flexión, respectivamente, sobre la muestra base.

Tabla 11. *Porcentaje de variación de las variables a los 14 días de curado*

N° Mezcla	Óxido de grafeno - OG (%)	Edad de curado (días)	Propiedades mecánicas del concreto			
			Resistencia a la compresión		Resistencia a la flexión	
			Esfuerzo (kg/cm ²)	Porcentaje de variación (%)	Módulo de rotura (kg/cm ²)	Porcentaje de variación (%)
1	0.00%	14	215.90	100	34.06	100
2	0.03%	14	248.10	114.91	33.10	97.18
3	0.06%	14	224.96	104.20	34.60	101.59
4	0.09%	14	192.83	89.31	38.88	114.15
5	0.12%	14	208.5	96.57	40.24	118.14

Fuente: elaboración propia.

La tabla 11, muestra el resultado de 5 mezclas a los 14 días de curado, se observó que la muestra de 0.03%, 0.06% alcanzaron un incremento de 248.10 kg/cm², y 224.96 kg/cm² en el esfuerzo por compresión sobre la muestra base, en comparación con las demás muestras que no superaron el esfuerzo base. Y el módulo de rotura (flexión) para la muestra 0.06%, 0.09%, y 0.12% obtuvo un promedio de 34.60 kg/cm², 38.88 kg/cm² y 40.24 kg/cm² sobre la muestra base, comparado con las demás muestras que no superaron la rotura base. Por tanto, las muestras con 0.03% y 0.12% OG obtuvieron el máximo valor de 14.91% y 18.14%, de resistencias de compresión y flexión, respectivamente, sobre la muestra base.

Tabla 12. *Porcentaje de variación de las variables a los 28 días de curado*

N° Mezcla	Óxido de grafeno - OG (%)	Edad de curado (días)	Propiedades mecánicas del concreto			
			Resistencia a la compresión		Resistencia a la flexión	
			Esfuerzo (kg/cm ²)	Porcentaje de variación (%)	Módulo de rotura (kg/cm ²)	Porcentaje de variación (%)
1	0.00%	28	188.53	100	35.62	100
2	0.03%	28	271.60	144.06	30.18	84.72
3	0.06%	28	201.20	106.72	33.10	92.93
4	0.09%	28	216.53	114.85	39.22	110.11
5	0.12%	28	218.40	115.84	42.15	118.33

Fuente: elaboración propia.

La tabla 12, muestra el resultado de 5 mezclas a los 28 días de curado, se observó que la muestra de 0.03% alcanzó el máximo incrementó de 271.60 kg/cm², mientras que la muestra de 0.06% alcanzó el mínimo incrementó de 201.20 kg/cm² en el esfuerzo por compresión sobre el concreto base. Y el módulo de rotura (flexión) para las muestras 0.09%, y 0.12 obtuvieron un promedio de 39.25 kg/cm², y 42.18 kg/cm² sobre la muestra base, en comparación con las demás muestras que no superaron la rotura base. Por tanto, las muestras con 0.03% y 0.12% OG obtuvieron el máximo valor de 44.06% y 18.42%, de resistencias por compresión y flexión, respectivamente, sobre la muestra base.

Según los resultados de las muestras a los 7, 14 y 28 días de curado, se determina que la hipótesis de investigación se acepta, debido a que la adición del óxido de grafeno influye en las propiedades mecánicas del concreto f'_c 210 kg/cm².

V. DISCUSIÓN

Se planteó como primer objetivo específico determinar la influencia de la dosificación del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm², Lima, 2022. Según Basquioto, et al. (2022) la aplicación estratégica para agregar nanoláminas basadas en óxido de grafeno tiene un impacto efectivo en el concreto, debido a que mejora las propiedades mecánicas. En la presente investigación se evidencia que a 7 días de curado, solo la muestra con 0.03% supera la resistencia por compresión con 23.25%; mientras que la muestra con 0.06 %, 0.09%, 0.12 % de óxido de grafeno logra 3.79 %, 7.59 %, 23.33 % de resistencia por flexión sobre la muestra base; a los 14 días de curado la dosificación con 0.03% y 0.06% de óxido de grafeno obtiene el 14.91% y 4.20% de resistencia por compresión; mientras que la muestra del 0.06 %, 0.09%, 0.12 % de óxido de grafeno logra 1.59 %, 14.15 %, 18.14 % de resistencia por flexión sobre la muestra base; luego de 28 días de curado la dosificación con 0.03%, 0.06 %, 0.09%, 0.12 % de óxido de grafeno logra el 44.06%, 6.76%, 14.85%, y el 15.84% de esfuerzo por compresión; mientras que la muestra del 0.09%, 0.12 % de óxido de grafeno logra 10.11 %, y 18.33 % de resistencia a la flexión sobre la muestra base. En el estudio realizado por Somasri y Narendra (2021), se hallaron diferencias, la investigación demostró que sobre la muestra base, la mezcla con 0.10% alcanzó un incremento progresivo en el tiempo con valores máximos de 17% de esfuerzo por compresión, y 28% de resistencia a la flexión luego de 90 días, lo cual posiblemente se debe a la inclusión del humo de sílice en la mezcla del concreto. Por su parte, la investigación de Yua y Wu (2021), también difieren, los autores demostraron que la muestra de 0.06% obtuvo valores máximos de 16.04% de resistencia por compresión, y 23.40% de resistencia por flexión sobre la muestra base, luego de 28 días, lo cual posiblemente se debe a la inclusión del árido reciclado en la mezcla del concreto. Por tanto, se considera que, la dosificación del óxido de grafeno influye en las propiedades mecánicas del concreto, debido a que los resultados de las investigaciones muestran un incremento en las resistencias, no obstante, a diferencia de las investigaciones, nuestra investigación mostró óptimas resistencias en diferentes porcentajes de óxido de grafeno.

Se planteó como segundo objetivo específico determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en la resistencia a la compresión del concreto f'_c 210 kg/cm², Lima, 2022. Según Basquioto, et al. (2022) la aplicación estratégica para agregar nanoláminas basadas en óxido de grafeno tiene un impacto efectivo en el concreto, debido a que mejora las propiedades mecánicas. En la presente investigación se evidencia que, de las muestras con 0.00%, 0.03%, 0.06%, 0.09%, 0.12% de óxido de grafeno, a los 7 días de curado las muestras con 0.03% y 0.09% alcanzaron rangos entre 136.7 Mpa y 243.87 Mpa, luego de 14 días alcanzaron rangos entre 192.83 Mpa y 248.10 Mpa, y luego de 28 días alcanzaron rangos entre 188.53 Mpa y 271.60 Mpa de esfuerzo a la compresión, lo que sugiere que la muestra con 0.03% de óxido de grafeno logro un incremento máximo del 44.06% de resistencia sobre la muestra base luego de 28 días. En el estudio realizado por Zaid et al. (2022), se hallaron diferencias, la investigación demostró que las muestras con 0.00%, 0.03%, 0.06%, 0.09%, 0.12% de óxido de grafeno lograron un incremento en la resistencia de 22 MPa, 24 MPa, 26 MPa, 28 MPa, y 30 MPa, respectivamente, luego de 7 días, siendo la resistencia optima la mezcla con 0.12% con aumento en 36% sobre la muestra base; luego de 28 días obtuvo 30 MPa, 34 MPa, 36 MPa, 39 MPa, y 41 MPa, respectivamente, sobre la muestra base; luego de 90 días, se obtuvo 37 MPa, 42 MPa, 51 MPa, 60 MPa, y 54 MPa, respectivamente, sobre la muestra base, siendo la muestra con 0.09% de óxido de grafeno que alcanzo resistencia optima del 39.40%, lo cual posiblemente se debe a la inclusión de fibra de acero en la mezcla del concreto. Por su parte, la investigación de Casayco y Morales (2019), también difieren, los autores demostraron que luego de 7 y 28 días, la muestra con 0.10% obtuvo una resistencia máxima de 161.03 Mpa, y 222.10 Mpa, equivalente al 10.40% y 26%, respectivamente, sobre la muestra base, lo cual posiblemente se debe a que el diseño de mezcla del concreto es de 175 kg/cm² y las proporciones aplicadas en la misma. Mientras que, la investigación de Wang (2022), se hallaron limitaciones, los autores usaron muestras con 0.01% y 0.02% de adición de óxido de grafeno, logrando un aumento en el esfuerzo por compresión del 77% y 91%, respectivamente, lo cual posiblemente se debe al recubrimiento del andamio de polímero por el método de impresión 3D. Por tanto, se considera que, la adición del óxido de grafeno influye en la resistencia a la compresión del concreto f'_c

210 kg/cm², debido a que los resultados de las investigaciones muestran incremento lo que favorece la resistencia del concreto, no obstante, en comparación con la presente investigación logra una resistencia optima con un bajo porcentaje de óxido de grafeno.

Como tercer objetivo específico, se plantea, determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en la resistencia por flexión del concreto f'c 210 kg/cm², Lima, 2022. Según Zhou et al. (2022), la nanoplaquetas de óxido de grafeno adquieren buen desempeño en la resistencia por flexión del concreto de alta resistencia.

En la presente investigación se evidencia que, a los 7 días de curado, de las muestras con 0.00%, 0.03%, 0.06%, 0.09%, 0.12% de óxido de grafeno, las muestras con 0.03% y 0.12% alcanzaron rangos entre 31.61 Mpa y 39.91 Mpa, luego de 14 días alcanzaron rangos entre 33.10 Mpa y 40.24 Mpa, y luego de 28 días alcanzaron rangos entre 30.18 Mpa y 42.15 Mpa en módulo de rotura, lo que sugiere que la muestra con 0.12% de óxido de grafeno logro un incremento máximo del 18.33% de resistencia sobre la muestra base luego de 28 días. En el estudio realizado por Liu et al. (2022), se hallaron diferencias, la investigación demostró que luego de 3 días las muestras con 0.00%, 0.01%, 0.03%, 0.05%, 0.07% de óxido de grafeno lograron un incremento de 3.70 MPa, 4.25 MPa, 4.75 MPa, 4.40 MPa, y 4.25 MPa de resistencia a la flexión, respectivamente; luego de 7 días lograron 5.20 MPa, 5.60 MPa, 6.20 MPa, 5.80 MPa, y 5.60 MPa; y 28 días después obtuvo 5.70 MPa, 6.30 MPa, 7.60 MPa, 7 MPa, y 6.45 MPa, lo que sugiere que la muestra con 0.03% de óxido de grafeno obtuvo la máxima resistencia equivalente al 29.80%, lo cual posiblemente se debe a la inclusión de fibra de acero en la mezcla. Por su parte, la investigación por Somasri y Narendra (2021), se hallaron resultados similares, la investigación demostró que, la mezcla con 0.10% alcanzo una resistencia incremental en el tiempo con valores máximos de 24.74%, 23.93%, 23.92%, y 23.92% luego de 7, 28, 56 y 90 días, lo cual posiblemente se debe a la inclusión del humo de sílice en la mezcla. Por tanto, se considera que, la adición del óxido de grafeno influye en la resistencia a la flexión del concreto f'c 210 kg/cm², debido a que los resultados de las investigaciones muestran un incremento que favorece la resistencia del concreto, siendo las muestras con mayor porcentaje de

óxido de grafeno.

Se planteó como objetivo general determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm², Lima, 2022. Según Lia et al. (2022), la adición de nanomateriales basados en grafeno ofrece un resultado positivo en las propiedades mecánicas del compuesto cementoso, debido al aporte significativo en los esfuerzos por compresión y flexión. En la investigación se evidencia que, la dosificación con 0.03 % de óxido de grafeno obtuvo una óptima resistencia por compresión de 243.87 Mpa, 248.10 Mpa y 271.60 Mpa luego de 7, 14 y 28 días, respectivamente; asimismo, se obtuvo una resistencia por flexión de 39.91 Mpa, 40.24 Mpa y 42.15 Mpa, lo cual indica que después de 28 días la muestra con 0.03% alcanzó un máximo incremento de 44.06% y 18.42% de resistencias por compresión y flexión sobre la muestra base. En el estudio realizado por Liu et al. (2022), se hallaron resultados similares, la investigación demostró que la muestra con 0.05%, logró un incremento máximo de 53.30 MPa de resistencia a la compresión, y la muestra con 0.03% logró 7.60 MPa de resistencia a la flexión, equivalente al 20.10% y 29.80 %, respectivamente, sobre la muestra base, lo cual posiblemente se debe a la inclusión de fibra de acero en la mezcla del concreto. Por su parte, la investigación de Yua y Wu (2021), también difieren, los autores demostraron que la muestra con 0.06%, logró un incremento máximo de 184.91 MPa, y 19.80 MPa de resistencia por compresión y flexión, equivalente al 16.04% y 23.40 %, respectivamente, luego de 28 días sobre la muestra base, lo cual posiblemente se debe a la adición del árido reciclado en la mezcla del concreto. Por tanto, se considera que, la adición del óxido de grafeno influye en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm², debido a que los resultados de las investigaciones muestran un incremento que favorece las resistencias.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1. La adición de óxido de grafeno, influye sobre las propiedades mecánicas del concreto, aumentando las resistencias por compresión y flexión.
- 6.2. El aumento del porcentaje (%) de óxido de grafeno sobre la dosificación del diseño de mezcla, no influye directamente proporcional sobre el incremento de la resistencia por compresión y flexión, tampoco una sola dosificación en porcentaje en peso de óxido de grafeno, obtiene mayores resistencias por compresión y flexión.
- 6.3. La dosificación de óxido de grafeno en porcentaje de 0.03% en peso, es la que obtiene la mayor resistencia por compresión luego de 28 días de curado, obteniendo un esfuerzo de 271.60 kg/cm², lo que significa un aumento de 44.06% sobre la muestra base que obtuvo 188.53 kg/cm² de resistencia.
- 6.4. La dosificación de óxido de grafeno en porcentajes de 0.09%, y 0.12% a los 28 días de curado, son las que obtienen la mayor resistencia al módulo de rotura (flexión), obteniendo módulos de 39.22 kg/cm², y 42.15 kg/cm² que equivale un aumento de 10.11%, y 18.33% respectivamente, sobre la muestra base.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. Realizar ensayos adicionando óxido de grafeno, para estudiar la propiedad de la durabilidad.
- 7.2. Realizar dosificaciones de óxido de grafeno en peso, entre los rangos de 0.02% y 0.05%, y ver si es posible contar con un diseño de mezcla, que permita obtener ambas resistencias, compresión y flexión, con valores mayores a los obtenidos.
- 7.3. Realizar dosificaciones de óxido de grafeno en peso de cemento del 0.02%, 0.04% y 0.05% para verificar, si con dicha dosificación, se obtiene mayor incremento de la resistencia por compresión.
- 7.4. Realizar dosificaciones de óxido de grafeno en peso de cemento del 0.02%, 0.04% y 0.05% para verificar, si con dicha dosificación, se obtiene mayor aumento de la resistencia a la flexión.

REFERENCIAS

ALVARADO, José y ROQUE, Bryan. Uso de polvo de grafito como aditivo en el concreto f'c 210 kg/cm² a fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020. 145 pp.

APAZA, Ricardo y RODRÍGUEZ, Art. Análisis de la influencia del grafeno como aditivo en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto, Lima-2019. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2019. 127 pp.

ASTM C39/C39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. United States: 2015. 3 pp.

ASTM C 293/C293M-16 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Center Point Loading). United States: 2016. 3 pp.

AVILA, Jhonnatan. Evaluación del comportamiento en compresión de morteros reforzados con óxido de grafeno y costos inherentes al proceso productivo de la mezcla. Tesis (Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Escuela de Ingeniería Civil, 2018. 66 pp.

BASQUIROTO, Felipe [et al.]. Effective strategies to realize high-performance graphene-reinforced cement composites. *Elsevier* [en línea]. Febrero 2022. [Fecha de consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126636>

BORJAS, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingeniería civil. Chiclayo: 2012 [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n

n Cient%ADfca para ingenier%ADa Civil

CASAYCO, Cesar y MORALES, Carlos. Incorporación del Óxido de Grafeno para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, Lima, 2019. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2019. 125 pp.

CABALLERO, Karen. Propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras metálicas. Universidad *Tecnológica de Panamá* [en línea]. 03 de julio de 2017. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2022]. Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zkU6a6HcSlgJ:https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/download/1527/pdf/+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe>

CCOPA, Heber. Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2017. 141 pp.

CHOQUE, Leopoldo. Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$, agregando grafeno. Tesis (Doctor en Ingeniería Civil). Perú: Universidad Nacional Federico Villareal, Escuela Universitaria de Posgrado, 2021. 147 pp.

COMISIÓN de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI. Norma Técnica Peruana NTP 339.079.2012. CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo. Perú: 2012. 13 pp.

DIMOV, Dimitar [et al.]. Ultrahigh Performance Nanoengineered Graphene– Concrete Composites for Multifunctional Applications. *Advanced Functional Materials* [en línea]. Agosto 2018. [Fecha de consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/adfm.201705183>

DIRECCIÓN de Normalización - INACAL. Norma Técnica Peruana NTP 339.034.2015. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Perú: 2015. 24 pp.

HARMSSEN, Teodoro. Diseño de estructuras de concreto armado [en línea]. 3.^a ed. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2002 [fecha de consulta: 24 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.udocz.com/apuntes/44733/disenio-de-estructuras-de-concreto-harmsen-1>

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Sexta Edición. México: McGraw-Hill, 2014 [Fecha de consulta: 26 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wpcontent/uploads/2017/10/Investigacion.pdf> ISBN 978-1-4562-2396-0

HINESTROZA, Jorge y URREGO, Mateo. Análisis del óxido de grafeno usado como aditivo para el concreto. Tesis (Ingeniero Civil). Colombia: Universidad Antonio Nariño, Facultad de Ingeniería, 2021. 84 pp.

IRIBARREN, Rosilay. Definición de términos. Instituto Universitaria Politécnico [en línea]. 07 de noviembre 2014. [Fecha de consulta: 29 abril 2022]. Disponible en: https://issuu.com/rosilayribarren/docs/trabajo_definicion_de_terminos

LIA, Wengui [et al.]. A comprehensive review on self-sensing graphene/cementitious composites: A pathway toward next-generation smart concrete. *Elsevier* [en línea]. Abril 2022. [Fecha de consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127284>

LIU, Changjiang [et al.]. Studies on mechanical properties and durability of steel fiber reinforced concrete incorporating graphene oxide. *Elsevier* [en línea]. 26 marzo 2022 [Fecha de consulta: 03 mayo 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104508>

LIU, Shuangshuang [et al.]. Efficient Use of Graphene Oxide in Layered Cement Mortar. *MDPI* [en línea]. 16 de marzo de 2022. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma15062181>

LOZADA, José. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria [en línea]. Ecuador: Tic's y Sociedad, 2014 [fecha de consulta: 16 mayo 2022]. Disponible en:

<http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/30/23>

MASIAS, Ricardo. Resistencia a la flexión y tracción en el concreto, usando ladrillo triturado como agregado grueso. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2018. 119 pp.

MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamientos. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E-060 de Concreto Armado. 2009. Lima: 2009. 201 pp.

MONTAÑEZ, Brayan y ZAVALA, Alexis. Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm² Lima- 2020. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2020. 161 pp.

ÑAUPA, Humberto [et al.]. Metodología de la investigación. 4ta. Edición. Colombia: s.n., 2014. [Fecha de consulta: 26 mayo 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/59660080/%C3%91aupas_Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_4ta_Edici%C3%B3n_Humberto_%C3%91aupas_Pait%C3%A1n ISBN 978-9-5876-2188-4

PAZ, Irene. El grafeno. Posibilidades del grafeno en la arquitectura. Tesis. España: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 2018. 73 pp.

PINEDA, Elia [et al.]. *Metodología de la investigación* [en línea]. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 1994. [Fecha de consulta: 16 mayo 2022]. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3132> ISBN 92 75 32135 3

PORRERO, Joaquin. *Manual del concreto estructural* [en línea]. Caracas: PAG Marketing Soluciones, 2014 [fecha de consulta: 10 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/nilsey/manual-del-concreto>

ISBN: 978-980-7658-00-3

SALAS, Brandon [et al.]. *Óxido de grafeno: síntesis, propiedades y aplicaciones*. [en línea]. UPITA-IPN. 01 de julio de 2018. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/771-cyt-numero-67/1545-oxido-de-grafeno-sintesis-propiedades-y-aplicaciones>

SANTOS, Ricardo [et al.]. *Avaliação do comportamento reológico de pastas de cimento com adição de óxido de grafeno*. *Revista Materia* [en línea], Vol. 26. N°3. Setiembre 2021. [Fecha de consulta: 28 abril 2022]. ISSN: 1517-7076.

SHAMSAEI, Ezzatollah [et al.]. *Graphene-based nanosheets for stronger and more durable concrete: A review*. [en línea]. Elsevier. 20 de setiembre de 2018. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.201>

Z Aid, Osama [et al.]. *Experimental study on the properties improvement of hybrid graphene oxide fiber-reinforced composite concrete*. *Elsevier* [en línea]. Febrero 2022. [Fecha de consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.diamante.2022.108883>

ANEXOS

ANEXO 1: *Matriz de operacionalización*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente: Óxido de grafeno	El óxido de grafeno en proporciones bajas de porcentaje de contenido de peso puede permitir un mayor nivel de refuerzo del concreto (Paz, 2018)	El óxido de grafeno es importado y se utilizará como instrumento un artículo científico donde establece la adición de óxido de grafeno en dosificación porcentual de 0.00%, 0.03%, 0.06%, 0.09%, y 0.12%.	Dosificación	0.00%	Razón
				0.03%	
				0.06%	
				0.09%	
				0.12%	
Variable dependiente: Propiedades mecánicas del concreto	Una de las principales propiedades mecánicas del concreto es la evolución de la resistencia a lo largo del tiempo (Dimov et al., 2020)	Las propiedades del concreto, con 5 mezclas de concreto con adición de óxido de grafeno en dosificación porcentual de 0.00%, 0.03%, 0.06%, 0.09%, y 0.12%, con 5 probetas por dosis, se utiliza como instrumento los ensayos para resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, se obtuvieron resultados en edad de curado, esfuerzo de rotura y promedio de resistencia.	Resistencia a la compresión	Esfuerzo de rotura	Razón
				Edad de curado	
				Promedio de resistencia	
			Resistencia a la flexión	Módulo de rotura	
				Edad de curado	
				Promedio de resistencia	

ANEXO 2: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOSTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General					
¿De qué manera influye la adición de óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022?	Determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022.	La adición del óxido de grafeno influye en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022.	Variable independiente: Oxido de grafeno	Dosificación	0.00% 0.03% 0.06% 0.09% 0.12%	Porcentaje de óxido de grafeno	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas					
¿De qué manera influye la dosificación del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022?	Determinar la influencia de la dosificación del óxido de grafeno en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022.	La adición de óxido de grafeno influye de manera favorable en las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022.					
¿De qué manera influye la adición del óxido de grafeno en la resistencia a la compresión del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022?	Determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en la resistencia a la compresión del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022.	La adición de óxido de grafeno influye de manera favorable en la resistencia a la compresión del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022.	Variable dependiente: Propiedades mecánicas del Concreto	Resistencia a la compresión	Esfuerzo de rotura	Reporte del ensayo de resistencia a la compresión, NTP339.034:2015, ASTM C39/C39M-05	
¿De qué manera influye la adición de óxido de grafeno en la resistencia a la flexión del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022?	Determinar la influencia de la adición del óxido de grafeno en la resistencia a la flexión del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022.	La adición de óxido de grafeno influye de manera favorable en la resistencia a la flexión del concreto f'c 210 kg/cm ² , Lima, 2022.			Resistencia a la flexión		Edad de curado
							Promedio de resistencia
					Resistencia a la flexión	Módulo de rotura	Reporte del ensayo de Resistencia a la flexión, NTP 339.079:2012, ASTM C293
						Edad de curado	
						Promedio de resistencia	

ANEXO 3: Instrumentos de investigación

REPORTE DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

I. DATOS GENERALES

Nombre del laboratorio:	
Solicitado por:	
Nombre del proyecto:	
Nombre del ensayo:	
Fecha de ensayo:	

II. DISEÑO DE MEZCLA DE LA MUESTRA:

Materiales	Procedencia del material	Dosificación (kg)
Cemento		
Agua		
Arena		
Piedra		
Oxido de grafeno		

Proporción:	
Tipo de muestra:	
Presentación de muestra:	
F'c de diseño:	

III. MÉTODO(S) DEL ENSAYO A APLICAR:

IV. RESULTADO:

Código de muestra	Edad de curado (días)	Dosificación (%)	Diámetro promedio (cm)	Tipo de falla	Esfuerzo de rotura (Kg)	Resistencia máxima (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)

V. OBSERVACIONES:

Validación de Juicio de Expertos		
Firma y Sello:  AUGUSTO ALBERTO MOSCOSO BAZALAR INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 52535 Fecha: 04/07/2022	Firma y Sello:  MIGUEL ANGEL JAUREGUI URBIBE INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 42883 Fecha:	Firma y Sello: Fecha:

REPORTE DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

I. DATOS GENERALES

Nombre del laboratorio:	
Solicitado por:	
Nombre del proyecto:	
Nombre del ensayo:	
Fecha de ensayo:	

II. DISEÑO DE MEZCLA DE LA MUESTRA:

Materiales	Procedencia del material	Dosificación (kg)
Cemento		
Agua		
Arena		
Piedra		
Oxido de grafeno		

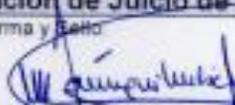
Proporción:	
Tipo de muestra:	
Presentación de muestra:	
Fc de diseño:	

VI. MÉTODO(S) DEL ENSAYO A APLICAR:

III. RESULTADO:

Código de muestra	Edad de curado (días)	Dosificación (%)	Ubicación de la falla	Luz libre	Modulo rotura (Kg/cm2)	Resistencia promedio (kg/cm2)

IV. OBSERVACIONES:

Validación de Juicio de Expertos		
Firma y Sello:  AUGUSTO ALBERTO MOSCOSO BAZALAR INGENIERO CIVIL Reg. CIR N° 52335 Fecha: 04/07/2022	Firma y Sello:  MIGUEL ANGEL JAUREGUI URIBE INGENIERO CIVIL Reg. CIR N° 42983 Fecha:	Firma y Sello: Fecha:

REPORTE DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

I. DATOS GENERALES

Nombre del laboratorio:	
Solicitado por:	
Nombre del proyecto:	
Nombre del ensayo:	
Fecha de ensayo:	

II. DISEÑO DE MEZCLA DE LA MUESTRA:

Materiales	Procedencia del material	Dosificación (kg)
Cemento		
Agua		
Arena		
Piedra		
Oxido de grafeno		

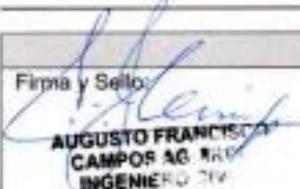
Proporción:	
Tipo de muestra:	
Presentación de muestra:	
F'c de diseño:	

III. MÉTODO(S) DEL ENSAYO A APLICAR:

IV. RESULTADO:

Código de muestra	Edad de curado (días)	Dosificación (%)	Diámetro promedio (cm)	Tipo de falla	Esfuerzo de rotura (Kg)	Resistencia máxima (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)

V. OBSERVACIONES:

Validación de Juicio de Expertos		
Firma y Sello:  AUGUSTO FRANCISCO CAMPOS AGUIRRE INGENIERO CIVIL Fecha: 07/07/2022	Firma y Sello: Fecha:	Firma y Sello: Fecha:

REPORTE DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

I. DATOS GENERALES

Nombre del laboratorio:	
Solicitado por:	
Nombre del proyecto:	
Nombre del ensayo:	
Fecha de ensayo:	

II. DISEÑO DE MEZCLA DE LA MUESTRA:

Materiales	Procedencia del material	Dosificación (kg)
Cemento		
Agua		
Arena		
Piedra		
Oxido de grafeno		

Proporción:	
Tipo de muestra:	
Presentación de muestra:	
F'c de diseño:	

VI. MÉTODO(S) DEL ENSAYO A APLICAR:

III. RESULTADO:

Código de muestra	Edad de curado (días)	Dosificación (%)	Ubicación de la falla	Luz libre	Modulo rotura (Kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)

IV. OBSERVACIONES:

--

Validación de Juicio de Expertos		
Firma y Sello:  AUGUSTO FRANCISCO CAMPOS AG. R.A.P.E. INGENIERO CIVIL Reg. C.R. N° 26400 Fecha: 07/07/2022	Firma y Sello: Fecha:	Firma y Sello: Fecha:

VALIDACIÓN DE CONTENIDO DE FICHA DE REGISTRO PARA LA VARIABLE PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos (Ficha de registro) que permitirá recoger la información en la presente investigación: Análisis de propiedades mecánicas del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² con adición de óxido de grafeno en Lima, 2022. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Crterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de ésta.	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo.	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido.	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Nota. Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE FICHA DE REGISTRO DE LA VARIABLE PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO

Definición de la variable: Una de las principales propiedades mecánicas del concreto es la evolución de la resistencia a lo largo del tiempo (Dimov et al., 2020)

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Resistencia a la compresión	Esfuerzo de rotura	Reporte del ensayo de resistencia a la compresión	1	1	1	1	
	Edad de curado						
	Promedio de resistencia						
Resistencia a la flexión	Módulo de rotura	Reporte del ensayo de resistencia a la flexión	1	1	1	1	
	Edad de curado						
	Promedio de resistencia						


AUGUSTO ALBERTO MOSCOSO
BAZALAR
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 52535

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Reporte de ensayo de resistencia a la compresión Reporte de ensayo de resistencia a la flexión
Objetivo del instrumento	Recolectar los datos según los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de concreto para determinar la resistencia a la compresión y flexión.
Nombres y apellidos del experto	Augusto Alberto Moscoso Bazalar
Documento de identidad	06107739
Años de experiencia en el área	25
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Independiente
Cargo	Consultor
Número telefónico	999965943
Firma	 <hr/> AUGUSTO ALBERTO MOSCOSO BAZALAR INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 52535
Fecha	04 /07 / 2022

VALIDACIÓN DE CONTENIDO DE FICHA DE REGISTRO PARA LA VARIABLE PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos (Ficha de registro) que permitirá recoger la información en la presente investigación: Análisis de propiedades mecánicas del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² con adición de óxido de grafeno en Lima, 2022. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Nota. Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE FICHA DE REGISTRO DE LA VARIABLE PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO

Definición de la variable: Una de las principales propiedades mecánicas del concreto es la evolución de la resistencia a lo largo del tiempo (Dimov et al., 2020)

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Resistencia a la compresión	Esfuerzo de rotura	Reporte del ensayo de resistencia a la compresión	1	1	1	1	
	Edad de curado						
	Promedio de resistencia						
Resistencia a la flexión	Módulo de rotura	Reporte del ensayo de resistencia a la flexión	1	1	1	1	
	Edad de curado						
	Promedio de resistencia						


MIGUEL ANGEL JAUREGUI URBIBE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.P. N° 42983

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Reporte de ensayo de resistencia a la compresión Reporte de ensayo de resistencia a la flexión
Objetivo del instrumento	Recolectar los datos según los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de concreto para determinar la resistencia a la compresión y flexión.
Nombres y apellidos del experto	Miguel Ángel Jáuregui Uribe
Documento de identidad	25660628
Años de experiencia en el área	29
Máximo Grado Académico	Doctor
Nacionalidad	Peruana
Institución	Municipalidad del Callao
Cargo	Ingeniero civil en evaluaciones ITSE (Inspección Técnica de Seguridad en Edificaciones)
Número telefónico	961 762 260
Firma	 <p> MIGUEL ANGEL JAUREGUI URIBE INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 42983 </p>
Fecha	06 / 07 / 2022

VALIDACIÓN DE CONTENIDO DE FICHA DE REGISTRO PARA LA VARIABLE PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos (Ficha de registro) que permitirá recoger la información en la presente investigación: Análisis de propiedades mecánicas del concreto f_c 210 Kg/cm² con adición de óxido de grafeno en Lima, 2022. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

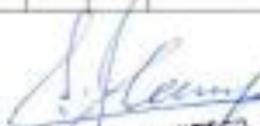
Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Nota. Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE FICHA DE REGISTRO DE LA VARIABLE PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO

Definición de la variable: Una de las principales propiedades mecánicas del concreto es la evolución de la resistencia a lo largo del tiempo (Dimov et al., 2020)

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Resistencia a la compresión	Esfuerzo de rotura	Reporte del ensayo de resistencia a la compresión	1	1	1	1	
	Edad de curado						
	Promedio de resistencia						
Resistencia a la flexión	Módulo de rotura	Reporte del ensayo de resistencia a la flexión	1	1	1	1	
	Edad de curado						
	Promedio de resistencia						


AUGUSTO FRANCISCO CAMPOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 21422

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Reporte de ensayo de resistencia a la compresión Reporte de ensayo de resistencia a la flexión
Objetivo del instrumento	Recolectar los datos según los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de concreto para determinar la resistencia a la compresión y flexión.
Nombres y apellidos del experto	AUGUSTO FRANCISCO CAMPOS AGUIRRE
Documento de identidad	10136704
Años de experiencia en el área	39
Máximo Grado Académico	INGENIERO
Nacionalidad	PERUANO
Institución	MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA
Cargo	EVALUADOR IYSE (INSPECCIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD EN EDIFICACIONES)
Número telefónico	976825614
Firma	 AUGUSTO FRANCISCO CAMPOS AGUIRRE INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 24255
Fecha	04/07 / 2022

ANEXO 4: Ficha técnica del óxido de grafeno



江苏先丰纳米材料科技有限公司

XFSG01 氧化石墨烯粉体

XFSG01 Graphene Oxide Powder

1 技术参数(Specification)

名称	Product name	氧化石墨烯粉体 Graphene Oxide Powder
产品编号	Product number	XFSG01
状态	Status	褐色粉末 (Brown powder)
厚度	Thickness	≤ 5 nm
含氧量	Oxygen content	~35%

2 表征测试图(Characterizations)

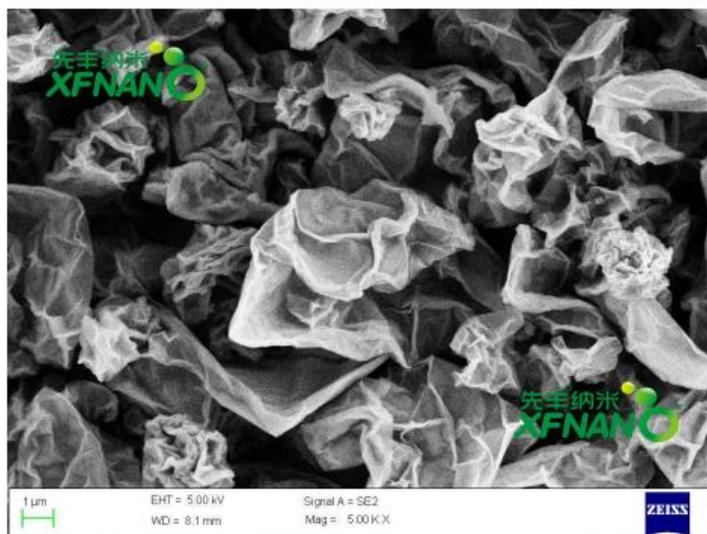


图 1

江苏先丰纳米材料科技有限公司
地址: 南京市国家级江北新区步月路 29 号 9 栋
邮编: 210033
电话 Tel: 400-025-3200(免长途费)
传真 Fax: 025-68256991

Jiangsu XFNANO Materials Tech. Co.,Ltd
Add: Nanjing City, Jiangsu Province, China
Zip: for 210033
E-mail: sale@xfnano.com
http://www.xfnano.com

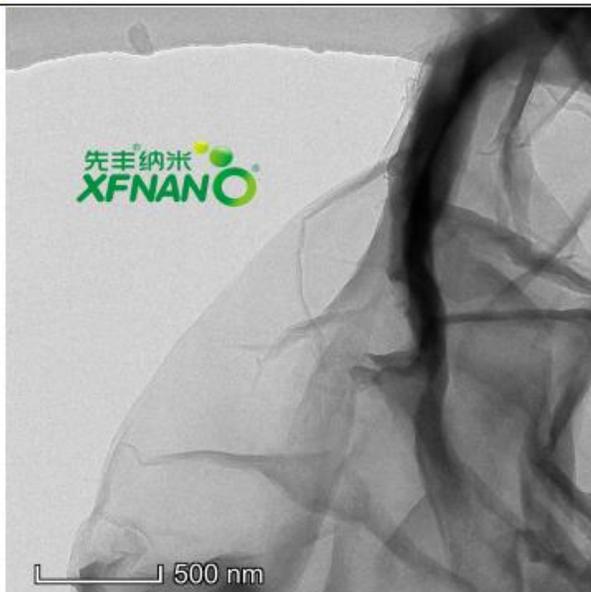


图 4

图 3-4 氧化石墨烯粉体 TEM 图

Fig.3-4 TEM images of graphene oxide powder

表 1 氧化石墨烯粉体的元素重量百分比和原子百分比

Table 1 Element wt.% and At.% of graphene oxide powder

元素 Element	重量百分比 (wt.%) Mass percent	原子百分比 (At.%) Atomic percent
C	55.79	63.40
O	41.60	35.49
S	2.60	1.11

3 应用领域(Application Fields)

吸附、分离、负载催化、固相萃取、检测、传感器等。

Adsorption, separation, load catalysis, solid phase extraction, detection and sensors etc.

4 储存条件(Storage Conditions)

4℃冷藏避光保存，固体分散时最高温度控制在 20℃ 以下。保存期限六个月。

江苏先丰纳米材料科技有限公司
地址：南京市国家级江北新区步月路 29 号 9 栋
邮编：210033
电话 Tel: 400-025-3200(免长途费)
传真 Fax: 025-68256991

Jiangsu XFNANO Materials Tech. Co.,Ltd
Add: Nanjing City, Jiangsu Province, China
Zip: 210033
E-mail: sale@xfnano.com
http://www.xfnano.com



江苏先丰纳米材料科技有限公司

Sealed, avoid light, keep at 4°C, and the temperature should be controlled under 20°C when dispersion.
Expiry date: six months.

声明：我司保证技术报告中的信息的准确性，但不保证材料的普适性，也不负责由此导致的任何损失。提供的参数为统计数据，允许少量浮动。且我司提供的技术报告都是面向所有客户，报告中的表征图片请勿擅自截图使用。

Disclaimer: XFNANO LLC believes that the information in this Technical Data Sheet is accurate and represents the best and most current information available to us. XFNANO Material makes no representations or warranties either express or implied, regarding the suitability of the material for any purpose or the accuracy of the information contained within this document. Accordingly, XFNANO Material will not be responsible for damages resulting from use of or reliance upon this information. Please do not use screenshots of any characteristic graphs in this report without permission.

18/11/2019 Ed.1

江苏先丰纳米材料科技有限公司
地址：南京市国家级江北新区步月路29号9栋
邮编：210033
电话 **Tel:** 400-025-3200(免长途费)
传真 **Fax:** 025-68256991

Jiangsu XFNANO Materials Tech. Co.,Ltd
Add: Nanjing City, Jiangsu Province, China
Zip: for 210033
E-mail: sale@xfnano.com
<http://www.xfnano.com>

ANEXO 5: Resultados del diseño de mezcla con y sin óxido de grafeno



(511) 457 2237 / 989349903

informes@mtlgeotecniasac.com

Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima - Perú

www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO ACI 211

REFERENCIA	DISEÑO PATRÓN		
AUTORES	BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciela		
TESIS	"Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f_c 210 kg/cm ² con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022"		
UBICACION	Lima - Perú	Fecha de ensayo:	17/10/2022

DISEÑO PATRÓN - f_c 210 kg/cm ²						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - ARENA	2.53	3.02	3.47	1.80	1399	1653
AGREGADO GRUESO - HUSO 67	2.55	6.81	0.54	1.10	1450	1526

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3 - 4	pu \bar{g}	
2	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.56		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.36		
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO		368.38			Kg/m ³	0.7
Volumen absoluto del cemento				0.1181	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.2050	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.2891	m ³ /m ³	0.657
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3579	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				368	Kg/m ³	
AGUA				205	Ltm ³	
AGREGADO FINO				757	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				913	Kg/m ³	
D) PESO DE MEZCLA				2243	Kg/m ³	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				782.9	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				917.5	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO				%	Lts/m ³	
AGREGADO GRUESO				-1.67	-12.6	
				0.56	5.1	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					197.5	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				368	Kg/m ³	
AGUA				197	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				783	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				917	Kg/m ³	
G) PESO DE MEZCLA				2266	Kg/m ³	
CANTIDAD DE MATERIALES (66 lt.)						
CEMENTO				36.47	Kg	
AGUA				19.55	Lts	
AGREGADO FINO				77.51	Kg	
AGREGADO GRUESO				90.83	Kg	
PORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						
C	1.0					1.0
A.F	2.13					2.28
A.G	2.49					2.58
H ₂ O	22.8					22.8
PORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)						
C	1.0					1.0
A.F	2.28					2.28
A.G	2.58					2.58
H ₂ O	22.8					22.8

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CO-001
	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO

ACI 211

REFERENCIA	DISEÑO CON ADICIÓN DEL 0.03% DE ÓXIDO DE GRAFENO RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO		
AUTORES	BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciela		
TESIS	Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm ² con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022*		
UBICACION	Lima - Perú	Fecha de ensayo:	17/10/2022

DISEÑO 0.03% ÓXIDO DE GRAFENO - f'c 210 kg/cm ²						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - ARENA	2.53	3.02	3.47	1.80	1399	1653
AGREGADO GRUESO - HUSO 67	2.55	6.81	0.54	1.10	1450	1526

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO							
1 ASENTAMIENTO				3 - 4	pulg		
2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL				3/4"			
3 RELACION AGUA CEMENTO				0.56			
4 AGUA				205			
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %				2.0			
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO				0.36			
B) ANÁLISIS DE DISEÑO							
FACTOR CEMENTO		368.38			Kg/m ³	8.7	
Volumen absoluto del cemento				0.1181	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agua				0.2050	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Aire				0.0200	m ³ /m ³		
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						0.343	
Volumen absoluto del Agregado fino				0.2991	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3579	m ³ /m ³		
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000	
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO							
CEMENTO				368	Kg/m ³		
AGUA				205	L/m ³		
AGREGADO FINO				757	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO				913	Kg/m ³		
OXIDO DE GRAFENO (0.03% peso del cemento)				0.11	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA				2243	Kg/m ³		
D) CORRECCION POR HUMEDAD							
AGREGADO FINO HUMEDO				782.9	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO HUMEDO				917.5	Kg/m ³		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS					%		
AGREGADO FINO				-1.67		-12.6	
AGREGADO GRUESO				0.56		5.1	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						197.5	
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO							
CEMENTO				368	Kg/m ³		
AGUA				197	L/m ³		
AGREGADO FINO				783	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO				917	Kg/m ³		
OXIDO DE GRAFENO (0.03% peso del cemento)				0.11	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA				2266	Kg/m ³		
G) CANTIDAD DE MATERIALES (99 Lt.)							
CEMENTO				36.47	Kg		
AGUA				19.55	Lts		
AGREGADO FINO				77.51	Kg		
AGREGADO GRUESO				90.83	Kg		
OXIDO DE GRAFENO (0.03% peso del cemento)				10.94	g		
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0					C	1.0
A.F	2.13					A.F	2.28
A.G	2.48					A.G	2.68
H2o	22.8					H2o	22.8

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO

ACI 211

REFERENCIA	DISEÑO CON ADICIÓN DEL 0.06% DE ÓXIDO DE GRAFENO RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO
AUTORES	BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciele
TESIS	*Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f _c 210 Kg/cm ² con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022*
UBICACION	Lima - Perú

Fecha de ensayo: 19/10/2022

DISEÑO 0.06% ÓXIDO DE GRAFENO - Fc 210 kg/cm ²						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO O S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - ARENA	2.53	3.02	3.47	1.80	1399	1653
AGREGADO GRUESO - HUSO 67	2.55	6.81	0.54	1.10	1450	1526

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3 - 4	pulg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.56		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.36		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			388.38	Kg/m³	8.7	Bl/m³
Volumen absoluto del cemento			0.1181	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agua			0.2050	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Aire			0.0200	m ³ /m ³		0.343
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino			0.2991	m ³ /m ³		0.857
Volumen absoluto del Agregado grueso			0.5578	m ³ /m ³		
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO			368	Kg/m ³		
AGUA			205	L/m ³		
AGREGADO FINO			757	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO			913	Kg/m ³		
OXIDO DE GRAFENO (0.06% peso del cemento)			0.22	Kg/m ³		
D) PESO DE MEZCLA						
CORRECCION POR HUMEDAD			2243	Kg/m ³		
AGREGADO FINO HUMEDO			782.9	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO HUMEDO			917.5	Kg/m ³		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO			-1.67	Lts/m ³		
AGREGADO GRUESO			0.56	Lts/m ³		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					197.5	Lts/m³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO			368	Kg/m ³		
AGUA			197	Lts/m ³		
AGREGADO FINO			783	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO			917	Kg/m ³		
OXIDO DE GRAFENO (0.06% peso del cemento)			0.22	Kg/m ³		
G) PESO DE MEZCLA						
CANTIDAD DE MATERIALES (99 H.)			2288	Kg/m³		
CEMENTO			36.47	Kg		
AGUA			19.56	Lts		
AGREGADO FINO			77.51	Kg		
AGREGADO GRUESO			90.83	Kg		
OXIDO DE GRAFENO (0.06% peso del cemento)			21.88	g		
PROPORCIÓN EN PESO p₃ (húmedo)				PROPORCIÓN EN VOLUMEN p₃ (húmedo)		
C	1.0			C	1.0	
A.F	2.13			A.F	2.28	
A.G	2.48			A.G	2.58	
H ₂ o	22.8			H ₂ o	22.8	

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CG-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO

ACI 211

REFERENCIA	: DISEÑO CON ADICIÓN DEL 0.09% DE ÓXIDO DE GRAFENO RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO
AUTORES	: BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciele
TESIS	: "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm ² con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022"
UBICACION	: Lima - Perú

Fecha de ensayo: 19/10/2022

DISEÑO 0.09% ÓXIDO DE GRAFENO - f'c 210 kg/cm ²						
MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - ARENA	2.53	3.02	3.47	1.80	1399	1653
AGREGADO GRUESO - HUSO 87	2.55	6.81	0.54	1.10	1450	1526

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3 - 4	pulg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.56		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.36		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO		388.38	Kg/m³	8.7	Blts/m³
	Volumen absoluto del cemento			0.1181	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Agua			0.2050	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m ³ /m ³	
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.2991	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3579	m ³ /m ³	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.000
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
	CEMENTO			368	Kg/m ³	
	AGUA			205	Lts/m ³	
	AGREGADO FINO			757	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			913	Kg/m ³	
	OXIDO DE GRAFENO (0.09% peso del cemento)			0.33	Kg/m ³	
D) PESO DE MEZCLA				2243	Kg/m³	
	CORRECCION POR HUMEDAD					
	AGREGADO FINO HUMEDO			782.9	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			917.5	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			-1.67	Lts/m ³	
	AGREGADO GRUESO			0.56	Lts/m ³	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					197.5
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO			368	Kg/m ³	
	AGUA			197	Lts/m ³	
	AGREGADO FINO			783	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			917	Kg/m ³	
	OXIDO DE GRAFENO (0.09% peso del cemento)			0.33	Kg/m ³	
G) PESO DE MEZCLA				2267	Kg/m³	
	CANTIDAD DE MATERIALES (99 HL)					
	CEMENTO			38.47	Kg	
	AGUA			19.55	Lts	
	AGREGADO FINO			77.51	Kg	
	AGREGADO GRUESO			90.83	Kg	
	OXIDO DE GRAFENO (0.09% peso del cemento)			32.82	g	
	PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)					PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)
	C	1.0				C
	A.F	2.13				A.F
	A.G	2.49				A.G
	H2o	22.8				H2o

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO

ACI 211

REFERENCIA	: DISEÑO CON ADICIÓN DEL 0.12% DE ÓXIDO DE GRAFENO RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO	Fecha de ensayo:	19/10/2022
AUTORES	: BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciela		
TESIS	: "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm2 con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022"		
UBICACION	: Lima - Perú		

DISEÑO 0.12% ÓXIDO DE GRAFENO - f'c 210 kg/cm²

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - ARENA	2.53	3.02	3.47	1.80	1399	1653
AGREGADO GRUESO - HUSO 67	2.55	6.81	0.54	1.10	1450	1526

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE

A) VALORES DE DISEÑO							
1 ASENTAMIENTO				3 - 4	púg		
2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL				3/4"			
3 RELACION AGUA CEMENTO				0.56			
4 AGUA				205			
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %				2.0			
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO				0.36			
B) ANÁLISIS DE DISEÑO							
FACTOR CEMENTO			368.39		8.7	Bl/m³	
Volumen absoluto del cemento			0.1181		m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agua			0.2050		m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Aire			0.0200		m ³ /m ³		
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						0.343	
Volumen absoluto del Agregado fino				0.2991	m ³ /m ³		
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3579	m ³ /m ³		
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						1.000	
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO							
CEMENTO				368	Kg/m ³		
AGUA				205	L/m ³		
AGREGADO FINO				757	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO				913	Kg/m ³		
OXIDO DE GRAFENO (0.12% peso del cemento)				0.44	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA				2243	Kg/m³		
D) CORRECCION POR HUMEDAD							
AGREGADO FINO HUMEDO				782.9	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO HUMEDO				917.5	Kg/m ³		
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS							
AGREGADO FINO				%	Lts/m ³		
AGREGADO GRUESO				-1.67	-12.6		
				0.56	5.1		
					-7.5		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					197.5	Lts/m³	
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO							
CEMENTO				368	Kg/m ³		
AGUA				197	Lts/m ³		
AGREGADO FINO				783	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO				917	Kg/m ³		
OXIDO DE GRAFENO (0.12% peso del cemento)				0.44	Kg/m ³		
PESO DE MEZCLA				2267	Kg/m³		
G) CANTIDAD DE MATERIALES (99 lt.)							
CEMENTO				36.47	Kg		
AGUA				19.55	Lts		
AGREGADO FINO				77.51	Kg		
AGREGADO GRUESO				90.83	Kg		
OXIDO DE GRAFENO (0.12% peso del cemento)				43.77	g		
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
C	1.0					C	1.0
A.F	2.13					A.F	2.28
A.G	2.49					A.G	2.58
H2o	22.8					H2o	22.8

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

ANEXO 6: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión



(511) 457 2237 / 989349903

Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima- Perú

informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com



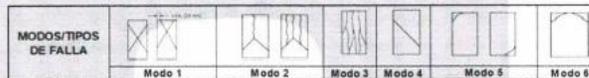
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FOR-LAB-COR-001.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	26/10/2022
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - NTP 339.034			
TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto Fc 210 kg/cm ² con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022" AUTORES: BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciela UBICACIÓN: Lima - Perú EXPEDIENTE N°: -			
Cartera	-	Aprobado por:	D. Del Rio N.
Materia	Probetas de concreto de 10 cm x 20 cm	Ensayado por:	A. Rodríguez V.
N° Muestra	Indicado	Fecha de ensayo:	24/10/2022
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - NTP 339.034			

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldado
 Dosificación: -
 Resistencia de Diseño: 210 kg/cm²
 Velocidad de carga: 2.55 kg/cm²s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPUECIMEN	FECHA DE VAGADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	L/D	AREA cm ²	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	F.C (L/D)	ESFUERZO kg/cm ²	Fc Diseño kg/cm ²	% Fc
PATRÓN - 01	17/10/2022	24/10/2022	7	2.0	78.5	14969.2	5	1.00	190.6	210.0	90.8
PATRÓN - 02	17/10/2022	24/10/2022	7	2.0	78.5	16396.8	5	1.00	208.8	210.0	99.4
PATRÓN - 03	17/10/2022	24/10/2022	7	2.0	78.5	15254.7	5	1.00	194.2	210.0	92.5
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.03% - 01	17/10/2022	24/10/2022	7	2.0	78.5	19700.6	5	1.00	250.8	210.0	119.4
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.03% - 02	17/10/2022	24/10/2022	7	2.0	78.5	19241.7	6	1.00	245.0	210.0	116.7
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.03% - 03	17/10/2022	24/10/2022	7	2.0	78.5	18517.8	5	1.00	235.8	210.0	112.3



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

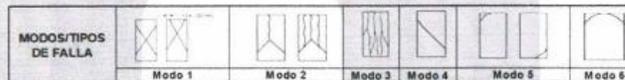
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CINDRICO	Código	FOR-LAB-COH-001.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	26/10/2022
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - NTP 339.034			
TESIS "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto Fc 210 kg/cm ² con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022" AUTORES BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julie Graciela UBICACIÓN Lima - Perú EXPEDIENTE N° ...			
Cantera	-	Aprobado por:	D. Del Rio N.
Material	Probetas de concreto de 10 cm x 20 cm	Ensayado por:	A. Rodriguez V.
N° Muestra	Indicado	Fecha de ensayo:	26/10/2022
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - NTP 339.034			

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldeado
 Destinación: -
 Resistencia de Diseño: 210 kgf/cm²
 Velocidad de carga: 2.55 kgf/cm²/s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VAGADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LD	AREA cm ²	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	F.C. L/D	ESFUERZO kg/cm ²	Fc Diseño kg/cm ²	% Fc
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.06% - 01	19/10/2022	26/10/2022	7	2.0	78.5	12318.0	5	1.00	156.8	210.0	74.7
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.06% - 02	19/10/2022	26/10/2022	7	2.0	78.5	15897.1	5	1.00	202.4	210.0	96.4
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.06% - 03	19/10/2022	26/10/2022	7	2.0	78.5	15050.8	5	1.00	191.6	210.0	91.3
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.09% - 01	19/10/2022	26/10/2022	7	2.0	78.5	10258.2	5	1.00	130.6	210.0	62.2
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.09% - 02	19/10/2022	26/10/2022	7	2.0	78.5	10910.8	5	1.00	138.9	210.0	66.2
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.09% - 03	19/10/2022	26/10/2022	7	2.0	78.5	10890.4	5	1.00	138.7	210.0	66.0
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.12% - 01	19/10/2022	26/10/2022	7	2.0	78.5	10217.4	5	1.00	130.1	210.0	61.9
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.12% - 02	19/10/2022	26/10/2022	7	2.0	78.5	14255.4	5	1.00	181.5	210.0	86.4
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.12% - 03	19/10/2022	26/10/2022	7	2.0	78.5	11420.6	5	1.00	145.4	210.0	69.2



OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

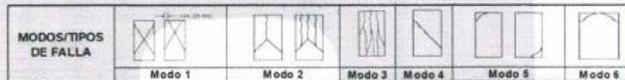
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CINLÍDRICO	Código	FOR-LAB-COH-001.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	25/01/2022
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - NTP 339.034			
TESIS : Análisis de las propiedades mecánicas del concreto Fc 210 kg/cm2 con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022 AUTORES : BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julie Graciela UBICACIÓN : Lima - Perú EXPEDIENTE N° : ...			
Cantera : Material : N° Muestra :	: : Probeta de concreto de 10 cm x 20 cm : Indicado	Aprobado por: D. Del Rio R. Ensayado por: A. Rodriguez V. Fecha de ensayo: 31/10/2022	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - NTP 339.034			

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldado
 Dosificación: -
 Resistencia de Diseño: 210 kg/cm2
 Velocidad de carga: 2.55 kg/cm2/s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPRIMEN	FECHA DE VACADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LD	AREA cm2	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 a 6)	F.C. (L/D)	ESFUERZO kg/cm2	Fc Daño kg/cm2	% Fc
PATRÓN - 01	17/10/2022	31/10/2022	14	2.0	78.5	17498.1	5	1.00	222.8	210.0	106.1
PATRÓN - 02	17/10/2022	31/10/2022	14	2.0	78.5	15428.1	5	1.00	196.4	210.0	93.5
PATRÓN - 03	17/10/2022	31/10/2022	14	2.0	78.5	17946.7	5	1.00	228.5	210.0	108.8
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.03% - 01	17/10/2022	31/10/2022	14	2.0	78.5	17385.9	5	1.00	221.4	210.0	105.4
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.03% - 02	17/10/2022	31/10/2022	14	2.0	78.5	23116.6	2	1.00	294.3	210.0	140.2
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.03% - 03	17/10/2022	31/10/2022	14	2.0	78.5	17956.9	5	1.00	228.6	210.0	108.9



OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por:  Emilio Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.P.N. 21468	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FOR-LAB-COIN-001.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-MTL
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - NTP 339.034		Fecha	26/01/2022
		TESIS : Análisis de las propiedades mecánicas del concreto Fc 210 kg/cm ² con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022 AUTORES : BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciela UBICACIÓN : Lima - Perú EXPEDIENTE N° : ...	
Cantera	Probetas de concreto de 10 cm x 20 cm	Aprobado por:	D. DEL RIO N.
Material	Indicado	Ensayado por:	A. Rodríguez V
N° Muestra		Fecha de ensayo:	02/11/2022
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - NTP 339.034			

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldeado

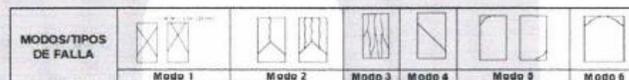
Dotificación: -

Resistencia de Diseño: 210 kg/cm²

Velocidad de carga: 2.55 kg/cm²/s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPRIMEN	FECHA DE VACADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LD	AREA cm ²	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	FC (kN)	ESFUERZO kg/cm ²	Fc Diseño kg/cm ²	% Fc
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.06% - 01	19/10/2022	2/11/2022	14	2.0	78.5	17334.9	5	1.00	220.7	210.0	105.1
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.06% - 02	19/10/2022	2/11/2022	14	2.0	78.5	15101.8	5	1.00	192.3	210.0	91.6
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.06% - 03	19/10/2022	2/11/2022	14	2.0	78.5	20567.3	5	1.00	261.9	210.0	124.7
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.09% - 01	19/10/2022	2/11/2022	14	2.0	78.5	13857.7	5	1.00	176.4	210.0	84.0
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.09% - 02	19/10/2022	2/11/2022	14	2.0	78.5	15958.3	5	1.00	203.2	210.0	96.8
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.09% - 03	19/10/2022	2/11/2022	14	2.0	78.5	15621.8	5	1.00	198.9	210.0	94.7
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.12% - 01	19/10/2022	2/11/2022	14	2.0	78.5	18946.0	5	1.00	241.2	210.0	114.9
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.12% - 02	19/10/2022	2/11/2022	14	2.0	78.5	12399.6	2	1.00	157.9	210.0	75.2
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.12% - 03	19/10/2022	2/11/2022	14	2.0	78.5	17783.6	5	1.00	226.4	210.0	107.8



OBSERVACIONES:

* Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

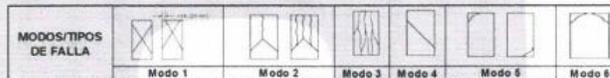
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FOR-LAB-CON-001.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	28/10/2022
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - NTP 338.034			
TESIS : "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm ² con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022" AUTORES : BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciela UBICACIÓN : Lima - Perú EXPEDIENTE N° : -			
Cartera : - Materia : Probetas de concreto de 10 cm x 20 cm N° Muestra : Indicado		Aprobado por: D. Del Rio N. Ensayado por: A. Rodriguez V. Fecha de ensayo: 14/10/2022	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - NTP 338.034			

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldeado
 Densificación: -
 Resistencia de Diseño: 210 kgf/cm²
 Velocidad de carga: 2.55 kgf/cm²/s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VADADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LD	AREA cm ²	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 al 6)	F.C (LD)	ESFUERZO kg/cm ²	Fc Diseño kg/cm ²	% Fc
PATRÓN - 01	17/10/2022	14/11/2022	28	2.0	78.5	16172.4	5	1.00	205.9	210.0	98.1
PATRÓN - 02	17/10/2022	14/11/2022	28	2.0	78.5	14673.5	5	1.00	186.8	210.0	89.0
PATRÓN - 03	17/10/2022	14/11/2022	28	2.0	78.5	13582.4	5	1.00	172.9	210.0	82.4
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.03% - 01	17/10/2022	14/11/2022	28	2.0	78.5	20292.0	5	1.00	258.4	210.0	123.0
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.03% - 02	17/10/2022	14/11/2022	28	2.0	78.5	19221.3	5	1.00	244.7	210.0	116.5
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.03% - 03	17/10/2022	14/11/2022	28	2.0	78.5	24483.0	5	1.00	311.7	210.0	148.4



OBSERVACIONES:
 * Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Eduardo Magariño Huáman INGENIERO CIVIL C. 12 24608	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD MATERIALES
--	---	--

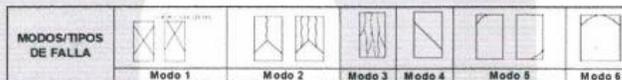
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	FOR-LAB-CON-001.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	29/01/2022
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - NTP 329.034			
TESIS : Análisis de las propiedades mecánicas del concreto Fc 210 kg/cm ² con edición de óxido de grafeno, Lima, 2022 AUTORES : BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciele UBICACIÓN : Lima - Perú EXPEDIENTE N° : ...			
Cantera : Material : Probetas de concreto de 10 cm x 20 cm N° Muestra : Indicado		Aprobado por: D. Del Río R. Ensayado por: A. Rodríguez V. Fecha de ensayo: 16/11/2022	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - NTP 329.034			

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldeado
 Dosificación: -
 Resistencia de Diseño: 210 kg/cm²
 Velocidad de carga: 2.55 kg/cm²/s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LD	AREA cm ²	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo de falla (1 a 6)	F.C. (L/D)	ESFUERZO kg/cm ²	F'o Diseño kg/cm ²	% F'o
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.06% - 01	19/10/2022	16/11/2022	28	2.0	78.5	14918.2	5	1.00	189.9	210.0	90.4
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.06% - 02	19/10/2022	16/11/2022	28	2.0	78.5	16804.7	5	1.00	214.0	210.0	101.9
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.06% - 03	19/10/2022	16/11/2022	28	2.0	78.5	15663.0	5	1.00	199.7	210.0	95.1
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.09% - 01	19/10/2022	16/11/2022	28	2.0	78.5	18089.5	4	1.00	230.3	210.0	109.7
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.09% - 02	19/10/2022	16/11/2022	28	2.0	78.5	15734.0	5	1.00	200.3	210.0	95.4
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.09% - 03	19/10/2022	16/11/2022	28	2.0	78.5	17202.3	5	1.00	219.0	210.0	104.3
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.12% - 01	19/10/2022	16/11/2022	28	2.0	78.5	20322.6	5	1.00	258.8	210.0	123.2
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.12% - 02	19/10/2022	16/11/2022	28	2.0	78.5	18569.1	5	1.00	236.7	210.0	112.7
ÓXIDO DE GRAFENO - 0.12% - 03	19/10/2022	16/11/2022	28	2.0	78.5	12542.3	5	1.00	159.7	210.0	76.0



OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

ANEXO 7: Resultados del ensayo de resistencia a la flexión



(511) 457 2237 / 989349903

Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
San Martín de Porres - Lima - Perú

informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO		Código	FOR-LAB-CON-003.01					
	RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO		Revisión	0					
	(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)		Aprobado	CC-MTL					
			Fecha	8/11/2021					
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 339.078 - ASTM C78									
REFERENCIA	: Ensayo de Tesis en Laboratorio								
AUTORES	: BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciela								
TESIS	: "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f_c 210 kg/cm ² con adición de óxido de grafeno. Lima, 2022"								
UBICACIÓN	: Lima - Perú Fecha de ensayo: 24/10/2022								
A) INFORMACIÓN GENERAL:									
TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 210 KG/CM ²									
DESCRIPCIÓN: Resistencia e la flexión del concreto a los 7 días									
B) DATA DE ENSAYO:									
No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Identificación	PATRÓN-01	PATRÓN-02	ÓXIDO DE GRAFENO 0.03%-01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.03%-02					
Altura "d" (mm)	150	150	150	150					
Ancho "b" (mm)	150	150	150	150					
Distancia entre apoyos "l" (mm)	450	450	450	450					
Carga Máxima (kg-f)	2314.7	2538.1	2110.8	2630.8					
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio					
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a" (mm)	-	-	-	-					
Módulo de Rotura (kg-f/cm ²)	30.86	33.85	28.14	35.05					
	PROMEDIO		PROMEDIO						
	32.36		31.61						
FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio $R = PL/bd^2$		Fuera del Tercio Medio <5% $R = \frac{3Pa}{bd^2}$		Fuera del Tercio Medio > 5% Descartado				
<p>Diagrama de la preparación del espécimen de ensayo</p>					<p>Vista frontal del ensayo</p>				
OBSERVACIONES:									
* Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.									
* El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido; el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm ² .									
Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			
Jefe de Laboratorio			Ingeniero de Suelos y Pavimentos			Control de Calidad MTL GEOTECNIA			

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CON-003.01
	RESISTENCIA DE FLEXIÓN DEL CONCRETO	Revisión	0
	(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)	Aprobado	CC-MTL
		Fecha	8/11/2021

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 339.078 - ASTM C78

REFERENCIA: Ensayo de Tesis en Laboratorio
AUTORES: BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciela
TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f_c 210 kg/cm² con adición de óxido de grafeno. Lima, 2022"
UBICACIÓN: Lima - Perú Fecha de ensayo: 26/10/2022

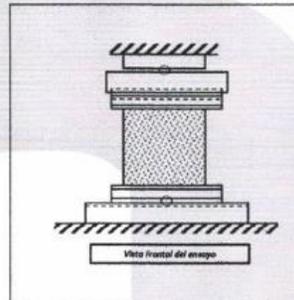
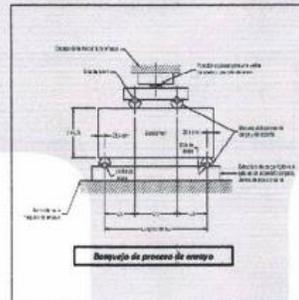
A) INFORMACIÓN GENERAL:

TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 210 KG/CM²
DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 7 días

B) DATA DE ENSAYO:

No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Identificación	ÓXIDO DE GRAFENO 0.06% - 01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.06% - 02	ÓXIDO DE GRAFENO 0.06% - 01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.06% - 02	ÓXIDO DE GRAFENO 0.12% - 01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.12% - 02			
Altura "h" (mm)	150	150	150	150	150	150			
Ancho "b" (mm)	150	150	150	150	150	150			
Distancia entre apoyos "l" (mm)	450	450	450	450	450	450			
Carga Máxima (kg-f)	2485.1	2549.3	2712.4	2508.5	2006.1	3079.5			
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio								
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "x" (mm)	-	-	-	-	-	-			
Módulo de Rotura (kg-f/cm ²)	33.17	33.99	38.17	33.45	38.75	41.06			
PROMEDIO			PROMEDIO			PROMEDIO			
33.58			34.81			39.90			

FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio <5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$	Descartado



OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.
 * El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido; el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm².

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CON-003.01
	RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO	Revisión	0
	(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)	Aprobado	CC-MTL
		Fecha	8/11/2021

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 339.078 - ASTM C78

REFERENCIA : Ensayo de Tesis en Laboratorio
 AUTORES : BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciela
 TESIS : "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto fc 210 kg/cm2 con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022"
 UBICACIÓN : Lima - Perú Fecha de ensayo: 31/10/2022

A) INFORMACIÓN GENERAL:

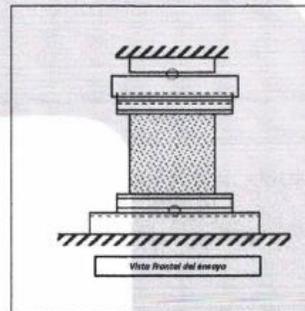
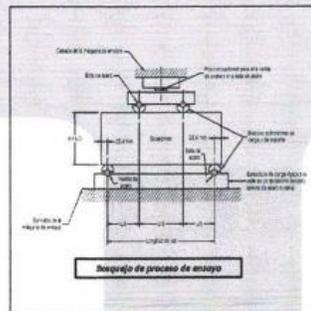
TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 210 KG/CM2

DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 14 días

B) DATA DE ENSAYO:

Nro. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Identificación	PATRÓN - 01	PATRÓN - 02	ÓXIDO DE GRAFENO 0.03% - 01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.05% - 02					
Altura "h" (mm)	150	150	150	150					
Ancho "b" (mm)	150	150	150	150					
Distancia entre apoyos "l" (mm)	450	450	450	450					
Carga Máxima (kg-f)	2447.3	2661.4	2600.2	2365.7					
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio					
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a" (mm)	-	-	-	-					
Módulo de Rotura (kg-N/cm2)	32.63	35.49	34.67	31.54					
PROMEDIO		SEGMEDIO							
	34.06		33.11						

FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio <5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$	Descartado



OBSERVACIONES:
 * Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA
 * El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido; el reporte de resultados están en unidades de kg-/cm2.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO (VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)	Código	FOR-LAB-CON-003.01
		Revisión	0
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	8/11/2021

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 339.078 - ASTM C78**

REFERENCIA : Ensayo de Tesis en Laboratorio
AUTORES : BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciela
TESIS : "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f_c 210 kg/cm² con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022"
UBICACIÓN : Lima - Perú **Fecha de ensayo:** 02/11/2022

A) INFORMACIÓN GENERAL:

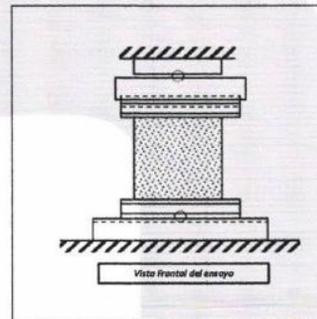
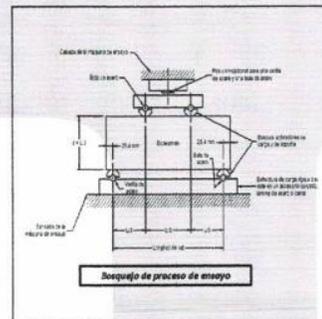
TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 210 KG/CM²

DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 14 días

B) DATA DE ENSAYO:

No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Identificación	ÓXIDO DE GRAFENO 0.06% - 01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.06% - 02	ÓXIDO DE GRAFENO 0.09% - 01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.09% - 02	ÓXIDO DE GRAFENO 0.12% - 01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.12% - 02			
Altura "d" (mm)	150	150	150	150	150	150			
Ancho "b" (mm)	150	150	150	150	150	150			
Distancia entre apoyos "l" (mm)	450	450	450	450	450	450			
Carga Máxima (kg-f)	2080.2	3110.1	2824.6	3008.1	3140.7	2895.9			
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio								
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a" (mm)									
Módulo de Rotura (kg-f/cm ²)	27.74	41.47	37.66	40.11	41.88	38.61			
PROMEDIO			PROMEDIO			PROMEDIO			
34.60			38.88			40.24			

FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio < 5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$	Descartado



OBSERVACIONES:
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.
* Si el ensayo o la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido, el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm².

<p>Elaborado por:</p> <p>Jefe de Laboratorio</p>	<p>Revisado por:</p> <p>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>	<p>Aprobado por:</p> <p>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</p>
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO (VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)	Código	FOR-LAB-CON-003.01
		Revisión	0
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	8/11/2021

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 339.078 - ASTM C78

REFERENCIA : Ensayo de Tesis en Laboratorio
AUTORES : BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciele
TESIS : "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f_c 210 kg/cm² con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022"
UBICACIÓN : Lima - Perú Fecha de ensayo: 14/11/2022

A) INFORMACIÓN GENERAL:

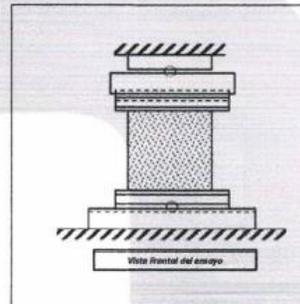
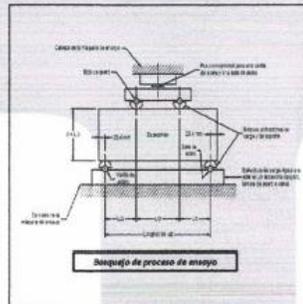
TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 210 KG/CM²

DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días

B) DATA DE ENSAYO:

No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Identificación	PATRON - 01	PATRON - 02	ÓXIDO DE GRAFENO 0.03% - 01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.03% - 02					
Altura "h" (mm)	150	150	150	150					
Ancho "b" (mm)	150	150	150	150					
Distancia entre apoyos "l" (mm)	450	450	450	450					
Carga Máxima (kg-f)	2620.6	2722.6	2233.1	2294.3					
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio	Dentro del tercio medio					
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a" (mm)	-	-	-	-					
Módulo de Rotura (kg-f/cm ²)	34.94	36.30	29.78	30.59					
PROMEDIO		PROMEDIO							
35.62		30.18							

FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio <5%	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$	Descartado



OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.
 * El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido; el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm².

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Eimer Moreno Huaman <small>C. P. N. 212305</small> Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CON-003.01
	RESISTENCIA DE FLEXION DEL CONCRETO	Revisión	0
	(VIGA SIMPLE CON CARGA A LOS TERCIOS DEL CLARO)	Aprobado	CC-MTL
		Fecha	8/11/2021

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 339.078 - ASTM C78

REFERENCIA : Ensayo de Tesis en Laboratorio
AUTORES : BRAVO BEJARANO, Juan Francisco y PALMA CHAUCA, Julia Graciela
TESIS : "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm2 con adición de óxido de grafeno, Lima, 2022"
UBICACIÓN : Lima - Perú **Fecha de ensayo:** 16/11/2022

A) INFORMACIÓN GENERAL:

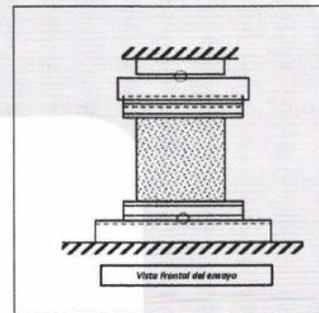
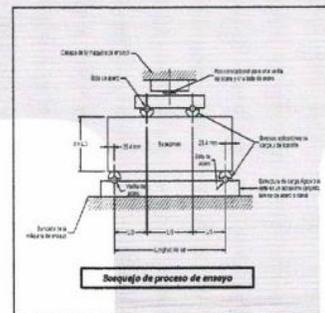
TIPO DE MEZCLA: CONCRETO 210 KG/CM2

DESCRIPCIÓN: Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días

B) DATA DE ENSAYO:

No. de Serie	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Identificación	ÓXIDO DE GRAFENO 0.06% - 01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.06% - 02	ÓXIDO DE GRAFENO 0.09% - 01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.09% - 02	ÓXIDO DE GRAFENO 0.12% - 01	ÓXIDO DE GRAFENO 0.12% - 02			
Altura "h" (mm)	150	150	150	150	150	150			
Ancho "b" (mm)	150	150	150	150	150	150			
Distancia entre apoyos "l" (mm)	450	450	450	450	450	450			
Carga Máxima (kg-f)	2794.0	2172.0	3038.7	2845.0	3069.3	3252.8			
Posición de Fractura	Dentro del tercio medio								
Distancia entre la fractura y el apoyo más cercano "a" (mm)	-	-	-	-	-	-			
Módulo de Ruptura (kg-f/cm2)	37.25	28.96	40.52	37.93	40.92	43.37			
PROMEDIO			PROMEDIO			PROMEDIO			
	33.11			39.22			42.15		

FÓRMULAS	Dentro del Tercio Medio	Fuera del Tercio Medio < 6%	Fuera del Tercio Medio > 5%
	$R = PL/bd^2$	$R = \frac{3Pa}{bd^2}$	Descartado



OBSERVACIONES:
 * Prohíbida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.
 * El ensayo a la flexión se realizó sobre muestra de concreto endurecido; el reporte de resultados están en unidades de kg-f/cm2.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

ANEXO 8: Certificado de calibración de prensa hidráulica

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-02915-2022

PROFORMA : 8637AC1 Fecha de emisión : 2022 - 02 - 22 Página : 1 de 2

1. SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
DIRECCIÓN : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRESNA HIDRAULICA
Marca : UTEST Capacidad Máxima : 2000 KN
Modelo : UTC-4722FPR División de Escala, d : 0.01 KN
N° Serie : 141002539 Procedencia : No Indica
Código de Ident. : No Indica Ubicación : LABORATORIO
Indicacion : KN

3.- FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN.

La calibración se realizó el día 19 de febrero del 2022 en las instalaciones de TEST & CONTROL S.A.C.

4. MÉTODO.

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia la norma ASTM E-4 "Estandar Practices for force Verification of Testing machines"

5. TRAZABILIDAD.

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	CERTIFICADO DE CALIBRACION
Patrón de Referencia del DM-INACAL	Manómetro Digital 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05	LFP-C-065-2021

6. CONDICIONES AMBIENTALES.

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	21 °C	21,3 °C
HUMEDAD RELATIVA	60,0 %	59,0 %

7. OBSERVACIONES.

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza de 95%.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

Verificar la indicación de cero del instrumento antes de cada medición.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP:0316

ANEXO 9: Panel fotográfico

Preparación de diseño del concreto



Ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto





Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, FERNÁNDEZ DÍAZ CARLOS MARIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Análisis de las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 Kg/cm² con

adición de óxido de grafeno, Lima, 2022", cuyos autores son BRAVO BEJARANO JUAN FRANCISCO, PALMA CHAUCA JULIA GRACIELA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 25 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FERNÁNDEZ DÍAZ CARLOS MARIO DNI: 09026248 ORCID: 0000-0001-6774-8839	Firmado electrónicamente por: CMFERNANDEZD el 13-12-2022 20:59:22

Código documento Trilce: TRI - 0455245