

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados  
con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial  
del cemento**

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

**AUTOR**

**Cristian Jhair Mendoza Castro**

**ASESOR**

**Juan Jacobo Sanchez Bautista**

**<https://orcid.org/0000-0003-2820-8789>**

**Chiclayo, 2025**

**Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural  
elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo,  
como reemplazo parcial del cemento**

PRESENTADA POR

**Cristian Jhair Mendoza Castro**

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

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Gian Franco Perez Garavito

PRESIDENTE

Justo David Pedraza Franco

SECRETARIO

Juan Jacobo Sanchez Bautista

VOCAL

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios, por brindarme la vida y porque darne la fuerza necesaria para cumplir con cada uno de los objetivos trazados en este proyecto de investigación.

A mi madre Luz Marina Castro Alcántara, a mi padre Marcelo Mendoza Mendoza y mi hermana Aracelly Mendoza Castro por ayudarme incondicionalmente en todo el proceso de mi vida universitaria, sin importar el esfuerzo y sacrificio.

A mis abuelos por permitir la existencia de mis padres, Orfelinda Alcántara Días, Issac Castro, Baceliza Mendoza y Mario Mendoza

A mis amigos que me apoyaron siempre en el transcurso de la carrera.

## **AGRADECIMIENTO**

Un sincero agradecimiento especial a mi asesor de tesis, el Ing. Juan Jacobo Sánchez Bautista por sus conocimientos compartidos.

# TESIS FINAL\_ MENDOZA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	11%
2	<a href="#">Submitted to Universidad Cesar Vallejo</a> Trabajo del estudiante	1%
3	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.utea.edu.pe">repositorio.utea.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

Introducción .....	14
Revisión de Literatura .....	18
El Concreto .....	20
Componentes Del Concreto.....	20
Cemento Portland.....	20
Agregados .....	21
Agua.....	22
Nanotecnología en la Ingeniería Civil .....	22
Nanopartículas en el concreto.....	22
Grafeno .....	23
Nanoplacas de Grafeno.....	23
Materiales puzolánicos .....	23
Clasificación de las puzolanas .....	24
Norma de Concreto Armado- Perú, E.060 .....	24
Ley de gestión integral de residuos sólidos. D-L. N°1278.....	25
Norma Técnica Peruana (NTP) .....	25
Requisitos, NTP 334. 009.Cementos portland. ....	25
Requisitos, NTP 400. 037.Agregados para el concreto. ....	25
NTP 400.012, Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global. ....	25
NTP 400.022: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. ....	27
NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. ....	27
NTP 339.185:Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados. ....	28

NTP 400.017: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. ....	29
NTP 339.035: Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. ....	30
NTP 339.034:Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. ....	31
MÉTODO DEL COMITÉ AMERICAN CONCRETE INSTITUTE .....	32
1° Selección del asentamiento .....	32
2° Selección del tamaño máximo nominal de agregado grueso .....	33
3° Determinación del contenido de aire .....	33
4° Selección del contenido de agua .....	33
5° Selección de la relación agua/cemento.....	34
6° Selección del peso del agregado grueso .....	35
7° Ajustes por humedad de los agregados .....	35
8° Cálculo de agua efectiva.....	35
Propiedades Del Concreto Fresco.....	36
Trabajabilidad del concreto.....	36
Consistencia .....	36
Segregación .....	37
Temperatura del Concreto.....	37
Contenido de Aire .....	37
Principales propiedades del concreto en el estado endurecido.....	38
Resistencia a la Compresión .....	38
Resistencia a la tracción indirecta.....	38
Peso unitario del concreto .....	38
Elasticidad.....	38
Materiales y métodos .....	39

Tipo de investigación.....	39
Nivel de investigación .....	39
Objeto de estudio .....	39
Operacionalización de Variables .....	40
Población, muestra de estudio y muestreo.....	41
Población.....	41
Criterios de selección de muestra .....	41
Muestra .....	41
Muestreo .....	42
Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	43
Técnicas de recolección .....	43
Instrumentos de recolección de datos: .....	43
Estrategia Metodológica.....	44
Matriz de consistencia .....	52
Resultados y Discusión .....	53
Resultados.....	53
Propiedades del agregado fino .....	53
Propiedades del agregado grueso.....	58
Propiedades del Residuo de Ladrillo en Polvo .....	63
Resultados del diseño de mezcla.....	63
Resultados de ensayos para el concreto fresco .....	70
Resultados de ensayos para el concreto en estado endurecido .....	76
Discusión .....	85
Influencia en el orden de mezclado del concreto con las mezclas adicionadas como reemplazo del cemento .....	85

Influencia de los porcentajes de reemplazo de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo .....	86
Relación con el Ensayo de Asentamiento .....	86
Relación con el Ensayo de Contenido de Aire.....	86
Relación con el Ensayo de Peso Unitario de Concreto .....	87
Relación con el Resistencia a la compresión .....	88
Relación con el Resistencia a la tracción .....	88
Relación con el Ensayo de módulo de elasticidad .....	88
Análisis costo- beneficio del concreto .....	89
Conclusiones .....	94
Recomendaciones .....	96
Referencias Bibliográficas .....	97
Anexos.....	99

## Lista de Figuras

<b>Figura N° 1.</b> Componentes del concreto. ....	20
<b>Figura N°2.</b> Residuos de ladrillo sacados de la máquina de los Ángeles. ....	44
<b>Figura N°3.</b> Tamiz por el que se pasó los residuos de ladrillo. ....	45
<b>Figura N°4.</b> Tamizado de Residuo de ladrillo. ....	45
<b>Figura N5.</b> Cuarteo de agregado fino. ....	45
<b>Figura N°6.</b> Cuarteo de agregado grueso. ....	45
<b>Figura N°8.</b> Granulometría agregado grueso. ....	46
<b>Figura N°7.</b> Granulometría agregado fino. ....	46
<b>Figura N°9.</b> Peso específico agregado fino. ....	46
<b>Figura N°10.</b> Peso específico agregado grueso. ....	46
<b>Figura N°11.</b> Colocación de muestras en horno- contenido de humedad- absorción. ....	46
<b>Figura N°12.</b> Sumergimiento de canastilla para obtención de peso específico de agregado grueso. .....	46
<b>Figura N°14.</b> Peso específico del residuo de ladrillo en polvo. ....	47
<b>Figura N°13.</b> Muestra en reposo de residuo de ladrillo en polvo.....	47
<b>Figura N°15.</b> Medición de Slump. ....	48
<b>Figura N°16.</b> Medición de Slump- concreto patrón. ....	48
<b>Figura N°17.</b> Muestra para peso unitario del concreto. ....	49
<b>Figura N°18.</b> Testigos para el concreto experimental. ....	49
<b>Figura N°19.</b> Desencofrado de probetas ....	49
<b>Figura N°20.</b> Curado de testigos. ....	50
<b>Figura N°22.</b> Ensayo de resistencia a la tracción.....	50
<b>Figura N°21.</b> Ensayo de resistencia a la compresión. ....	50
<b>Figura N°23.</b> Ensayo de módulo de elasticidad. ....	51

<b>Figura N°24.</b> Curva Granulometría del Agregado Fino y Husos.....	54
<b>Figura N25°.</b> Curva Granulometría del Agregado Grueso y Huso 67. ....	59
<b>Figura N°26.</b> Asentamiento para concreto patrón y experimental. ....	71
<b>Figura N°27.</b> Curva comparativa entre concreto patrón y experimental (0.05%NG y 3%RL). ...	77
<b>Figura N°28.</b> Curva comparativa entre concreto patrón y experimental (0.05%NG y 5%RL). ...	78
<b>Figura N°29.</b> Curva comparativa entre concreto patrón y experimental (0.1%NG y 3%RL). ....	80
<b>Figura N°30.</b> Curva comparativa entre concreto patrón y experimental (0.1%NG y 5%RL). ....	81
<b>Figura N°31.</b> Curva de $f'c$ : 210 Kg/cm <sup>2</sup> .....	82
<b>Figura N°32.</b> Comparación de resultados del ensayo de resistencia a la tracción a los 7 días, entre concreto patrón y concreto experimental. ....	83
<b>Figura N°33.</b> Comparación de resultados del ensayo de resistencia a la tracción a los 28 días, entre concreto patrón y concreto experimental. ....	84
<b>Figura N°34.</b> Comparación de los pesos unitarios encontrados, entre concreto patrón y concreto experimental. ....	87

## **Lista de Ecuaciones**

Ecuación N° 1. Módulo de fineza para agregados. ....	26
Ecuación N° 2. Densidad Relativa para agregados. ....	28
Ecuación N° 3. Porcentaje de contenido de humedad para agregados.....	29
Ecuación N° 4. Peso Unitario suelto y Compactado para agregados.....	30
Ecuación N° 5. Reajuste por humedad para agregados.....	35
Ecuación N° 6. Cálculo de los aportes de humedad de los agregados. ....	35
Ecuación N° 7. Fórmula para encontrar la elasticidad del concreto. ....	38

## Resumen

En los últimos años, los residuos de la industria de la construcción causan una gran preocupación. Se trata de residuos inertes que, aunque no tienen valor contaminante, provocan problemas de impacto visual. La incorporación de estos residuos tomara un cierto tiempo en que se puedan incluir al medio ambiente, además que el propósito de esta investigación es reutilizar los residuos provenientes de la ladrillera “Master”, que juntamente con un material muy innovador y que antecedentes están demostrando mejoras en las propiedades del concreto, como son las nanoplaquetas de grafeno, lo que se plantea es mejorar las propiedades mecánicas del concreto con estos dos materiales reemplazados parcialmente por el cemento, permitiendo así una reducción de la cantidad de este insumo. Para su comprobación se tuvo que realizar una serie de ensayos para luego hacer el diseño de mezclas y poder corroborar cada una de sus características del concreto experimental comparándolo con el concreto patrón.

Con respecto a los resultados se pudo demostrar que el asentamiento disminuye a medida que se iba aumentando el residuo de ladrillo y también se nota que cumple con los valores de diseño en la resistencia a la compresión con la adición 0.05% de nanoplaquetas de grafeno y 5% de residuo de ladrillo, mas no supera a las del concreto patrón a los 28 días.

### Palabras clave

Nanoplaquetas de grafeno, residuo de ladrillo, concreto

## **Abstract**

In recent years, waste from the construction industry has caused great concern.

It is inert waste that, although it has no polluting value, causes visual impact problems. The incorporation of these residues will take a certain time in which they can be included in the environment, in addition to the fact that the purpose of this research is to reuse the residues from the "Master" brickyard, which together with a very innovative material and whose background is showing improvements. Regarding the properties of concrete, such as graphene nanoplatelets, what is proposed is to improve the mechanical properties of concrete with these two materials partially replaced by cement, thus allowing a reduction in the amount of this input. For its verification, a series of tests had to be carried out to later make the mix design and be able to corroborate each of its characteristics of the experimental concrete by comparing it with the standard concrete.

Regarding the results, it was possible to demonstrate that the settlement decreases as the brick residue increased and it is also noted that it complies with the design values in the resistance to compression with the addition of 0.05% of graphene nanoplatelets and 5 % of brick residue, but it does not exceed those of the standard concrete after 28 days.

### **Keywords**

Graphene nanoplatelets, brick residue, concrete

## Introducción

Actualmente, el material que más se usa en Latinoamérica y en el mundo, en el sector de la construcción es el cemento, se tiene como dato al año 2020 en nuestro país, Perú, un consumo per cápita de cemento de trescientos uno kilogramos por cada habitante (INEI- 2020), esta cifra tenderá al aumento, debido al boom de la construcción que existe a diario. El concreto es el material más empleado en el sector construcción son múltiples las investigaciones hechas por distintas casas de estudios que conlleven mejoras en sus propiedades. [1]

Las mejoras realizadas en el concreto van desde aditivos hasta productos orgánicos como azúcar y cascarilla de arroz, plastificantes diversos, inclusores de aire y microsílíce, todo ello encaminado a mejorar sustancialmente sus propiedades.

Las nuevas tecnologías se deben innovar para que no puedan ser impulsadas por métodos antiguos. Por lo tanto, la noción sobre la nanotecnología que surgió en la última década, y este concepto facilita tener el análisis las moléculas, reacciones, procesos a nivel nanoscópico han tenido un efecto en las diferentes ciencias como la biología, la medicina y la química. [2]

En el ámbito de la construcción ha comenzado a surgir la nanotecnología con la aparición de la adición de nano-sílíce de mezclas de concreto obteniendo buenos resultados, pero existen investigaciones que han demostrado que el grafeno tiene propiedades mecánicas superiores a las del acero. Los nanotubos han revolucionado varios campos de investigación, pero su eficacia como refuerzo en las mezclas de concreto ha sido poco estudiada.

Por otro lado, en nuestro país el sector construcción es uno de los más importantes con respecto al PBI. Este sector está muy ligado a otras industrias que aportan recursos como el cemento, los ladrillos, el asfalto y el acero.

En [1], un estudio de diagnóstico realizado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), sobre residuos de construcción y demolición muestra que en el departamento de Lambayeque se forman 222.000 toneladas de RCD. Por sus propiedades, estos residuos se consideran inactivos. Sin embargo, por su cantidad y la falta de control ambiental sobre la disposición final, provocan un fuerte impacto visual. Por su alto impacto negativo en el ambiente, se emitió el decreto de urgencia N°022-2022, en el cual incluye al sector construcción como generador de pasivos ambientales, explícitamente se refiere a los RCD.

Para la construcción de ladrillos debe tener en cuenta que cumpla con las especificaciones técnicas reglamentarias peruanas. Estos son desechados en el proceso de fabricación por no cumplir los requisitos de control de calidad. El motivo de rechazo puede estar relacionados con roturas y defectos en su proceso de cocción que estarían afectando en sus propiedades físicas y químicas. Teniendo en cuenta, que el reciclaje de este material será de una manera innovadora, por ende, ayudará mucho para el cuidado del medio ambiente.

En la historia, el concreto se utiliza en el campo de la construcción de edificaciones e infraestructura. Por ello, la sobreexplotación de estos recursos naturales para producirlo afecta la topografía del suelo y conduce a la liberación de grandes cantidades de contaminantes. Esto incentiva nuevas investigaciones que incorporen residuos de otras industrias para obtener concretos más eficientes. La reutilización de los residuos del ladrillo se considera un poco costoso porque se deben pasar por unos procedimientos previos, como un análisis químico para saber si es compatible con el cemento, también debe pasar por un proceso manual para la desintegración en polvo, para así poder sustituirlo por el cemento en cierta cantidad. [3]

Las materias primas del ladrillo contienen originalmente una gran cantidad de minerales arcillosos, estas al pasar por un proceso de cocción a una temperatura de 700 a 1000 °C, adquieren propiedades puzolánicas. Por lo tanto, cuando se mezcla con cal o agua, tiende a desarrollar resistencia. La cocción de la arcilla es excelente por su alto contenido en sílice y alúmina, que pueden ser reutilizados como reemplazo parcial del cemento en la preparación del concreto, porque permiten excelentes propiedades de resistencia a mediano y largo plazo. Así como se demostró en [3], adiciones del 5% de polvo de ladrillo en función del peso del cemento mejora en un 18% su resistencia a la compresión a los 90 días, comparándolo con el concreto patrón de diseño.

Hay investigación donde pretenden realizar la demostración de la efectividad de los nanotubos de carbono en mezclas de concreto, entonces se obtuvieron resultados positivos, lo que conlleva a pensar que, si se usa el grafeno, material con más composición de carbono, mejorará aún más los resultados ya obtenidos, por ende, lo que busca esta investigación es realizar un estudio de la influencia directa que tiene en el concreto por parte de los nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, añadidos en función del peso de cemento.

Los porcentajes de adición para el polvo de ladrillo se añadirá en 3% y 5%, mientras que para las nanoplaquetas de grafeno en 0.05% y 0.1%, el cual se mezclará alternadamente, obteniendo así 4 tipos de mezclas compuestas con estos materiales.

La formulación del problema es: ¿De qué manera, las adiciones de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento, variará las propiedades mecánicas del concreto estructural?

En el Perú ya se conocen investigaciones sobre la reutilización del ladrillo en polvo en mezclas de concreto, e incluso se sabe que mejora una de las características más importantes a mediano y largo plazo, como es la resistencia a la compresión. Por otro lado, se tiene un material tecnológico muy alentador y prometedor, como son las nanoplaquetas de grafeno, lo más cercano a estas investigaciones son las que están referenciados a los nanotubos de carbono, que es un material menos resistente a comparación de los compuestos por grafeno, en los cuales se demostró que ayudara al concreto, en la resistencia a los 28 días de fraguado, el cual súpero en un 13.39% en comparación con un concreto patrón diseñado convencionalmente. Si se analizan los costos cabe mencionar que en la actualidad no resulta muy rentable trabajar con nanotubos de grafeno por el elevado costo. Cabe recalcar, que este material serio de una manera óptima de poder trabajar, sin embargo, no se debería desaprovecharse.

Esta investigación contribuirá al estudio, donde se va a mejorar las propiedades del concreto, con las adiciones de nanoplaquetas de grafeno (NG) y residuos de ladrillo en conjunto. De esta manera se estaría trabajando con un material accesible a largo plazo, con gran potencia de desarrollo, como son los nanoplaquetas de grafeno y se estaría ayudando también a la reutilización de uno de los materiales más desechados hoy en día en el sector de la construcción, como son los ladrillos. La aplicación de este material ayudará a disminuir el impacto ambiental causado por el arrojado a desmedida de este residuo, lo que ocasiona contaminación del suelo, aire y agua dando paso a diferentes problemas, ya que muchas veces el suelo no puede ser aprovechado debido a la demora en la descomposición del residuo del ladrillo.

Los principales beneficiados con este proyecto de investigación serán las futuras generaciones, ya que al reutilizar un desecho como es el polvo de ladrillo, eso disminuye el impacto ambiental que pueda ocasionar, agregado con el nano material que está siendo investigado y que se están encontrando resultados muy favorables como refuerzo en el concreto.

Se desea plantear en la siguiente investigación como como objetivo general evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial de cemento, y como objetivos específicos, Estimar los porcentajes óptimos de las partículas adicionadas al concreto estructural; Establecer el diseño de mezclas para un concreto con  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, adicionando la mezcla compuesta de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo en polvo, como reemplazo parcial del cemento; Comparar las variaciones de las propiedades del concreto fresco con la adición de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, con respecto al concreto patrón; Examinar la influencia de la mezcla adicionada en la resistencia a la compresión y tracción del concreto estructural a sus diferentes edades, Analizar el costo y beneficio de la elaboración de concreto estructural con las adiciones de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo en polvo, como reemplazo parcial del cemento.

## Revisión de Literatura

E. Benavides [3], en su investigación determinó la influencia física y mecánica de la incorporación parcial de cascote cerámico en 5%, 10% y 15% en función del peso de cemento en un diseño de mezcla para un concreto  $f'c:210 \text{ kg/cm}^2$ , para ello se determinó las propiedades químicas que posee el cascote cerámico para asegurarse de que no reaccione con algunos componentes del concreto.

El primer alcance que dio esta investigación es la de la trabajabilidad del concreto, el cual disminuía a medida que se aumentaba la adición de cascote cerámico, también se obtuvo la resistencia a la compresión a los 90 días con adición del 5% de residuos de ladrillo superó a la mezcla base en un 18.26 %, mientras que con la adición del 10%, la resistencia solo alcanzo el 100% y al adicionarle 15%, la resistencia llego a 95.06% de la resistencia base, esta cifra representa el 4.94% menos.

V, Apaza y K. Quispe [2] Este estudio se centró en investigar los beneficios de agregar nanotubos de carbono a las mezclas de concreto elaboradas con dos tipos de cemento diferentes: el cemento tipo Yura Ip y el cemento Wari tipo I. Se tuvo en cuenta la caracterización de los materiales y además el evaluar el proceso que hay en la dispersión de estos nanotubos de carbono junto con la mezcla del concreto, ya que, se ha considerado diferentes dispersantes. Con base en las proporciones determinadas, se obtuvieron las muestras, donde se va a llevar a cabo el ensayo de compresión, tensión, flexión, permeabilidad y módulo de elasticidad. Se obtuvieron los resultados de los experimentos y se compararon con una mezcla de referencia denominada "patrón". En cuanto a la principal característica del concreto en estado endurecido, la resistencia a la compresión, se observaron mejoras al agregar nanotubos de carbono en comparación con la muestra base. Se registró una mejora del 13.39% en la resistencia a la compresión en la mezcla óptima de cemento Yura Tipo IP con una adición del 0.1% de nanotubos, mientras que para el cemento Wari Tipo I se obtuvo una mejora del 10.05% con una adición del 0.05% de nanotubos de carbono.

M. Konsta-Gdoutos [4], puso en evidencia las notables propiedades mecánicas de los nanotubos de carbono (CNT), sugiriendo que son candidatos ideales para compuestos cementosos de alto rendimiento. Sin embargo, el principal desafío asociado con la incorporación de CNT en materiales a base de cemento es la mala dispersión

. En este estudio, la dispersión efectiva de nanotubos de carbono de paredes múltiples (MWCNT) se realizaron con diferentes proporciones de agua, donde se logró mediante la aplicación de energía ultrasónica y en combinación con el uso de un tensioactivo. Se analizaron los efectos de la energía ultrasónica y la concentración de surfactante en la dispersión de MWCNT en una cantidad de 0,08 % en peso de cemento. Se muestra que para una dispersión adecuada es absolutamente necesaria la aplicación de energía ultrasónica y para una dispersión completa existe una proporción de peso óptima de tensioactivo a CNT.

H. Nieto [5], Según la información previa presentada en este proyecto, se establece un límite máximo del 8% de arcillas activadas como reemplazo de cemento. Estas arcillas fueron obtenidas localmente, secadas al sol y luego sometidas a un proceso de cocción a una temperatura de 550 °C. Mediante análisis realizados, se ha demostrado que las arcillas activadas poseen propiedades puzolánicas significativas debido a su alto contenido de sílice. Se llevaron a cabo reemplazos en un concreto con una resistencia característica  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual resultó en una mejora del 13% en la resistencia en comparación con el diseño estándar que incluía un reemplazo del 8% de arcilla. Por lo tanto, en base a estos resultados, esta investigación sugiere realizar evaluaciones con porcentajes de adición aún mayores para obtener mayores beneficios.

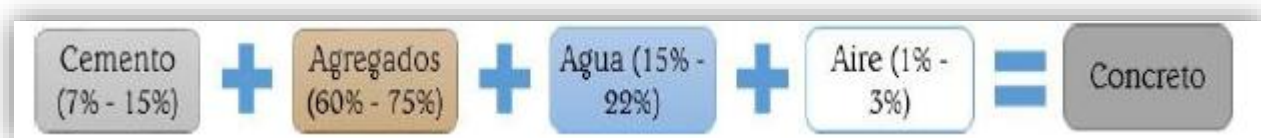
P. Viera y C. Chicaiza [6], en esta investigación se basa en utilizar residuos provenientes de la industria sanitaria, específicamente productos cerámicos, como una alternativa a los materiales cementicios en la creación de morteros. Para lograrlo, se realizaron diferentes mezclas con porcentajes de adición de 3%, 5%, 7%, 10% y 15% en relación al peso del cemento utilizado. Los residuos cerámicos fueron sometidos a procesos de molienda en una máquina de Los Ángeles y posteriormente tamizados a través de una malla N°200. Mediante análisis químicos, se comprobó que los residuos cerámicos presentan propiedades puzolánicas. En relación a los resultados obtenidos, se observó que las mezclas con adiciones de entre el 3% y el 10% mostraron una resistencia temprana inferior en comparación con la muestra de referencia sin adición de residuos. Sin embargo, a los 28 días, se evidenció un incremento notable en la resistencia de estas mezclas.

Por otro lado, cuando se reemplazó el 15% del cemento por los residuos cerámicos, la resistencia tendió a disminuir en comparación con la muestra patrón.

## El Concreto

En [7], es una mezcla del cemento Portland, agregado fino, grueso, agua y aire en proporciones adecuadas, donde se obtendrá la resistencia requerida. Una vez mezclado el cemento con el agua, esta pasta será la que envuelva a los agregados formando una masa heterogénea. En algunas ocasiones, se le adicionan aditivos o sustancias que mejoren sus propiedades.

Además, se le puede adicionar puzolanas, ceniza y escorias, estas implementaciones pueden mejorar las características del concreto, como elevar su resistencia, disminuir su calor de hidratación y obtener una buena resistencia al ataque de sulfatos.



*Figura N° 1. Componentes del concreto.*

*Fuente: [8]*

## Componentes Del Concreto

### Cemento Portland

Este material aglutinante con propiedades adhesivas y cohesivas, une fragmentos minerales para formar una masa sólida. Su elaboración parte de piedras de calizas y arcillas, con composición alta en sílice y alúmina, son molidas y calentadas en hornos a temperaturas que bordean los 1250 °C. Durante este proceso el agua se evapora, generando CO<sub>2</sub> para posterior a ello se lleve a cabo la fusión en un 20% o 30% de la carga, este producto al combinarse con la cal y sílice después de enfriarse, se le denomina Clinker. [8]

PROPORCIÓN	COMPONENTE QUÍMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%	Oxido de calcio ( CaO)	Rocas calizas
	Óxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, mineral de hierro, pirita
5%	Óxidos de Magnesio, Sodio	Minerales varios
	Potasio, Titanio, Azufre	
	Fósforo y Manganeso	

*Tabla N° 1. Óxidos del cemento.*

*Fuente: [8]*

## **Agregados**

### **Agregado Fino**

El árido fino es aquel que consta de una descomposición natural o artificial de las rocas y debe de estar libre de polvo, materia orgánica y sustancias dañinas. [9]

### **Agregado Grueso**

El árido grueso se origina a partir de gravas naturales o trituradas que contienen fragmentos con forma angular. Su función principal consiste en proporcionar volumen y resistencia al concreto. Además, establecidos por las normativas para garantizar su correcta distribución de tamaños.

## Agua

Este componente que forma parte del concreto tiene relación directa con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto en el estado endurecido [7]. Por estas razones, que al utilizar en las mezclas debe de estar libres de impurezas, de sustancias tóxicas, sustancias que pueden dañar al concreto. En [14], se establecen parámetros permisibles existentes en el agua.

SUSTANCIAS DISUELTAS	LIMITES PERMISIBLES
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
pH	Mayor a 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Tabla N°4. Parámetros permisibles del agua.

Fuente: [14]

## Nanotecnología en la Ingeniería Civil

Hoy en día, el uso de los nano materiales en ingeniería de materiales es un hecho, y es uno de los campos donde su integración ha tenido un amplio y reconocido recorrido. Ya sea en materiales cementantes, morteros, pavimentos, pinturas o cerámicas, en cada uno de estos productos se pudo denotar mejoras con el uso de la nanotecnología. Estos nuevos materiales como los nanotubos de carbono presentan importantes ventajas en las propiedades de los materiales en los que se adicionó, una mayor resistencia, tanto mecánica como al desgaste. También pueden intervenir en la protección de dichos materiales ante la exposición de agentes contaminantes atmosféricos. [2]

### Nanopartículas en el concreto

La agregación de nanopartículas al cemento afecta significativamente a su proceso de hidratación de sus partículas, en todos los niveles: nano, micro y macro compuestos

químicos, cambiando su estructura. Estos efectos incluyen la nanoestructura y microestructura de los geles(C-S-H), que tienen efecto resaltante en la resistencia del concreto a escala macroscópica.

Las nanopartículas rellenan los espacios entre las partículas que existen entre la pasta y los áridos, estas a su vez incrementan su hidratación, por la reactividad de su superficie; mejora sus propiedades de resistencia, reduce la porosidad y ayuda a que no fisure mucho. [2]

## **Grafeno**

Este material es una forma alotrópica del carbono. Material derivado del grafito, está conformado por una red hexagonal bidimensional en su estructura, tiene un espesor similar a la de un átomo. Está formado por átomos de carbono y enlaces covalentes. [15]

## **Nanoplacas de Grafeno**

Las nanoplacas están formadas por láminas que contienen una red hexagonal de átomos de carbono dispuestos en un mismo plano, similar al grafito, cuyo espesor es del orden del nanómetro. Es un material proveniente de la fracturación de nanotubos de grafeno, el cual acorde con sus propiedades físicas únicas lo convierten en un aditivo universal con aplicaciones potenciales hasta en el 50% del mercado global. [15]

Una de sus principales ventajas es que los nanotubos de grafeno conservan las propiedades de los materiales, mientras que los de carbono de pared múltiple en altas concentraciones conllevan un empeoramiento.

## **Materiales puzolánicos**

La puzolana contiene sílice y alúmina, estos reaccionan con la cal a temperaturas ordinarias, formándose pasta capaz de fraguar y desarrollar resistencias. Estos materiales son productos de procesos industriales que pueden tener problemas en su disposición final.

Estos materiales serán rentables, ya que, va a disminuir la contaminación, antes de analizar sus beneficios se deben estudiar sus porcentajes óptimos a través de pruebas. [16]

## Clasificación de las puzolanas

La norma ASTM C618-03, las divide en tres tipos:

*Tabla N°5. Clasificación de puzolanas.*

CLASIFICACION	DESCRIPCION
CLASE N	Puzolanas naturales calcinadas o rojas como algunas tierras de diatomeas. Las tobas, las cenizas volcánicas o pumicitas, arcillas, lutitas y diversos materiales
CLASE F	La ceniza que se produce normalmente a partir de quema de anacita o carbón bituminoso.
CLASE C	Ceniza normalmente producida a partir de carbón subbituminoso.

*Fuente: ASTM C618-03.*

También se establece la composición química:

COMPONENTES	CLASE		
	N	F	C
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> ) + óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	70	70	50
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), Max%	4	5	5
Contenido de humedad, Max%	3	3	3
Pérdida por calcinación, Max %	10	6	6

*Tabla N°6. Requerimientos químicos de las puzolanas.*

*Fuente: [17].*

El residuo de ladrillo en polvo es una puzolana artificial. Para la caracterización de este material, se realizará un análisis químico en cual permitirá determinar los componentes y a su vez si son compatibles con las del cemento.

### Norma de Concreto Armado- Perú, E.060

Brinda los requerimientos mínimos para la investigación y análisis. Brinda los métodos de construcción, control de calidad y supervisión. Adicionalmente, se especifica que los materiales que conformen al concreto como cemento, agregados finos y gruesos, agua, aditivos, entre otros, tienen que cumplir los mismos requisitos que un concreto armado. [10].

## **Ley de gestión integral de residuos sólidos. D-L. N°1278.**

Se preocupa por frenar la producción de los residuos sólidos, y pretende darles un valor. Por lo tanto, esta ley a puesto las bases para el desarrollo de industrias en el sector reciclaje con la finalidad de tener altos estándares para la gestión ambiental.

## **Norma Técnica Peruana (NTP)**

Son elaborados por el comité Técnico de Normalización, los cuales se encargan de establecer los requisitos de calidad para la estandarización de los procesos o productos. Tenemos:

### **Requisitos, NTP 334. 009.Cementos portland.**

En [18], se menciona los parámetros con los que debe cumplir cada tipo de cemento, según su clasificación tenemos:

*Tabla N°7. Clasificación de Cementos según NTP 400.037.*

<b>TIPOS DE CEMENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Tipo I</b>	Para uso general, para proyectos donde no se requieran propiedades especiales.
<b>Tipo II</b>	Para uso general, ofrece una moderada resistencia al ataque de sulfatos.
<b>Tipo II(MH)</b>	Para uso general, y cuando se desea un moderado calor de hidratación y moderada resistencia al ataque de sulfatos.
<b>Tipo III</b>	Resistencias iniciales altas.
<b>Tipo IV</b>	Bajo calor de hidratación
<b>Tipo V</b>	Alta resistencia a los sulfatos

*Fuente: [17].*

### **Requisitos, NTP 400. 037.Agregados para el concreto.**

Se tomará en cuenta la evaluación del agregado fino y grueso, para que se determine la calidad del concreto

### **NTP 400.012, Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global.**

Esta normativa estipula el procedimiento del ensayo de la granulometría de los tres tipos de agregado, la cual tiene como objetivo indicar el tamaño de las partículas o granos que

conforman un agregado. Este ensayo es de vital importancia, debido a que permite conocer el Tamaño Máximo y Tamaño Máximo Nominal, junto con el Módulo de Fineza y la curva granulométrica, ya sea para tener en cuenta el Diseño de Mezcla. [11].

*Procedimiento:*

Se explicará el procedimiento estándar, sin embargo, no se adjuntan imágenes, debido a que se realizó este ensayo en un laboratorio externo.

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la ¼ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 300 g de la muestra cuarteada.
3. Se lava el agregado en un recipiente con agua varias veces hasta que al decantar el agua sea casi cristalina.
4. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
5. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
6. Se pesa la muestra seca.
7. Se pasa la muestra tamiz por tamiz, obteniendo el peso retenido en cada uno de ellos y colocando lo que pasa en el de menor abertura próxima.
8. Se limpian los tamices con el rastrillo para aberturas grandes y con la brocha para las más pequeñas.

*Cálculo*

$$\%R = \% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido}}{\text{Peso Total}} * 100$$

$$\%RA = \% \text{ Retenido Acumulado} = \% \text{ Retenido Anterior} + \% \text{ Retenido Actual}$$

$$\%P = \% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

*MF = Módulo de Fineza*

$$= \frac{\%RA \text{ del Tamiz}(3+1\frac{1}{2}"+3\frac{3}{4}" + 3\frac{3}{8}" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

*Ecuación N° 1. Módulo de fineza para agregados.*

**NTP 400.022: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.**

Relata los pasos que se debe tomar en cuenta para un ensayo de peso específico, en el cual se toman aproximadamente 500 gr, se utiliza el matraz y luego el horno por 24 h. En cambio, para la absorción se emplean entre 700-1000 gr, los cuales deben saturarse por 24 h, luego esparcirse en una bandeja directamente al sol. Una vez que esté casi seco, se utilizará el cono de absorción para lograr una condición Saturada Superficialmente Seca, de la que se tomarán 500-700 gr, los cuales serán el Peso Saturado Superficialmente Seco, se pasarán por el horno 24 h y se utilizará la fórmula para hallar el resultado [14].

**NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.**

Para el ensayo de peso específico, el cual consta de una muestra (2 kg aproximadamente) a la cual se le debe tener como dato el Peso Seco Superficialmente Saturado y se introducirá al horno, luego, se obtendrá el Peso Sumergido para el agregado grueso que se obtiene mediante el uso de una canastilla y se vuelve a secar superficialmente a la muestra. Esto se pesa y así se obtiene, por el uso de una fórmula el peso específico. En cuanto a la absorción, se emplea la misma muestra, se satura por 24 h, se esparce mientras se seca superficialmente, se pesa y al final se lleva al horno [13].

**Procedimiento**

1. Se seca al aire la muestra por 24 h.
2. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la  $\frac{1}{4}$  parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
3. Se escogen 700 g de la muestra cuarteada.
4. Se satura la muestra en un recipiente por 24 h.
5. Se decanta el agua con mucho cuidado de no derramar el material.
6. Esparcir en un recipiente metálico extendido y secar a la intemperie por 2 h.

7. Para comprobar la consistencia Saturada Superficialmente Seca (SSS), se utiliza el cono, poniendo la primera de 3 capas y utilizando el pisón para dar 10 golpes por capa, a excepción de la última (5 golpes).
8. Se levanta el cono y si la altura es mayor a  $\frac{3}{4}$  del cono, se ha obtenido la condición SSS.
9. Se escogen y pesan 500 g.
10. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
11. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
12. Se pesa la muestra seca.
13. De la condición SSS se utilizan 500 g para realizar el ensayo de peso específico.
14. Se pesan las Fiolas y se coloca la muestra.
15. Se coloca agua del grifo hasta la marca y se tapan.
16. Se agita hasta eliminar las burbujas dentro del recipiente y se dejan reposar por 24 h.
17. Vaciar el contenido en un recipiente y decantar toda el agua, inclinando el recipiente y usando un succionador.
18. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
19. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
20. Se pesa la muestra seca.

### *Cálculo*

$$\begin{aligned}
 \text{Peso Seco} &= \text{Peso con recipiente} - \text{Peso del recipiente} \\
 \%A = \% \text{ Absorción} &= \frac{\text{Peso Saturado Superficialmente Seco} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100 \\
 \gamma = \text{Peso Específico} &= \frac{\text{Peso Seco}}{\text{Peso Saturado Superficialmente Seco} - \text{Peso Aparente}} * 100
 \end{aligned}$$

*Ecuación N° 2. Densidad Relativa para agregados.*

### **NTP 339.185: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados.**

En [12], determina los porcentajes totales de humedad que contienen los áridos. Esto permitirá a que se pueda calcular los aportes totales y con eso el agua efectiva para corregir el diseño.

*Procedimiento:*

Se explicará el procedimiento estándar, sin embargo, no se adjuntan imágenes, debido a que se realizó este ensayo en un laboratorio externo.

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la ¼ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 300 g de la muestra cuarteada.
3. Se lava el agregado en un recipiente con agua varias veces hasta que al decantar el agua sea casi cristalina.
4. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
5. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
6. Se pesa la muestra seca.

Cálculo

$$\%H = \% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

*Ecuación N° 3. Porcentaje de contenido de humedad para agregados.*

**NTP 400.017: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.**

Este reglamento o guía sirve para conocer y calcular el peso unitario suelto y compactado de los agregados, así como los vacíos en ellos, mediante unos moldes parecidos al de las probetas cilíndricas de concreto, cuyas muestras serán apisonas y martilladas por los costados hasta obtener los resultados correspondientes [17].

*Procedimiento*

1. Se seca al aire la muestra por 24 h.
2. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la ¼ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
3. Se escogen 21.206 kg de la muestra cuarteada.

4. Pesar los moldes metálicos vacíos.
5. Para los pesos unitarios sueltos, se llenan los dos recipientes metálicos, previamente pesados.
6. Se retira el exceso con una regla lisa.
7. Se pesan los moldes llenos.
8. Para los pesos unitarios compactados, se realizan en 3 capas, cada una se varilla 25 veces con 15 golpes con un martillo de goma.
9. Se retira el exceso con una regla lisa.
10. Se pesan los moldes llenos.

### *Cálculo*

$$PUSH = \text{Peso Unitario Suelto Húmedo} = \frac{\text{Peso Suelto}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$PUSS = \text{Peso Unitario Suelto Seco} = \frac{PUSH}{1 - \frac{\%H}{100}}$$

$$PUCH = \text{Peso Unitario Compactado Húmedo} = \frac{\text{Peso Compactado}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$PUCS = \text{Peso Unitario Compactado Seco} = \frac{PUCH}{1 - \frac{\%H}{100}}$$

*Ecuación N° 4. Peso Unitario suelto y Compactado para agregados.*

### **NTP 339.035: Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.**

Tiene como fin establecer los pasos que se deben seguir para realizar un buen ensayo de asentamiento o slump, para la elaboración y análisis de un diseño de mezcla de concreto. Este ensayo consta de un cono en el cual se vaciarán 3 partes de concreto fresco y se varillará para evitar los vacíos en la mezcla, una vez terminado el varillado, se procederá a levantar el cono y medir la diferencia de altura entre el tumulto de material y el cono de Abrams. Esto servirá para comparar y modificar la dosificación hasta obtener el slump requerido por el diseño de mezcla justo antes de vaciar en los encofrados de los elementos, de esta manera se asegurará la calidad del concreto [23].

### Procedimiento

1. Mezclado del concreto.
2. Se humedecen la bandeja, la varilla, el cucharón y el cono.
3. Se coloca la bandeja cerca del trompo y el cono encima.
4. Se pisan las aletas inferiores del cono.
5. Se realiza el vaciado del concreto con el cucharón en 3 capas, cada una con 25 varillazos concéntricos desde el exterior al interior.
6. Se enraza la parte superior con la varilla.
7. Se cogen las manijas del cono y cuidadosamente se levantan los pies del cono.
8. Se levanta verticalmente el cono y se lo coloca al lado de la muestra.
9. Se coloca la varilla encima del cono, el cual debe quedar encima del material también.
10. Se mide desde la superficie promedio del material hasta la parte inferior de la varilla con una wincha.
11. Si la medición cumple con el slump diseñado, se considera correcto el diseño, de lo contrario se realiza un ajuste de proporción y se siguen los mismos pasos hasta obtener el valor deseado.

### **NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.**

Esta normativa abarca al ensayo de probetas cilíndricas hechas en laboratorio como a las probetas realizadas por el Ensayo de Diamantina. Su procedimiento consta de colocarle a la probeta dos almohadillas de neopreno, anteriormente azufre, pero por razones de bioseguridad se dejó de usar, en ambos diámetros para que la carga ejercida por la prensa se uniforme en toda la superficie circular de las probetas. [21].

### Procedimiento

1. Se enciende la prensa.
2. Se colocan ambas almohadillas en las probetas, siendo una inferior y otra superior.
3. Colocamos la probeta con las almohadillas en la prensa.
4. Para la prensa 1, se escogen las dimensiones, se le da check y se le marca al 0.
5. Se mueve la palanca a la derecha y luego una más a la izquierda.

6. Cuando ha roto la probeta, se mueve la palanca hacia la izquierda en donde dice Retract y se prosigue a retirar la probeta.
7. Para la prensa 2, se mueve la palanca para que encienda la prensa, se gira la manija hasta que el platillo superior esté en contacto con la cara almohadilla superior y se aumenta la velocidad con la manija de 3 a 7.
8. Cuando ha roto la probeta, se coloca la velocidad en 0, se gira la manija hasta que el platillo superior se retire de la cara superior de la almohadilla y se apaga el interruptor. Ahora, se puede retirar la probeta.

## MÉTODO DEL COMITÉ AMERICAN CONCRETE INSTITUTE

Este ayudará en conocer el desarrollo que diseñara la resistencia del concreto mediante las tablas, que van a dar las características para fijar la relación agua-cemento, por eso se va a describir paso a paso acerca de este método a continuación [19]:

### 1° Selección del asentamiento

El concreto muestra una forma de resistencia plastifica, nivelación indefinida, en donde se podrá elegir su valor correspondiente para un trabajo en particular. Se puede dar comienzo por los valores enumerados que muestra la tabla:

*Tabla N°8. Slump por tipo de estructuras.*

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP	
	MAX	MIN
Zapatas y muros de cimentación reforzado	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

*Fuente: [17].*

## 2° Selección del tamaño máximo nominal de agregado grueso

La cantidad de aire atrapado que va poseer la mezcla y la relación del b/bo para el agregado grueso.

## 3° Determinación del contenido de aire

El ACI brinda datos en una tabla donde se permite calcular el porcentaje aire atrapado en una mezcla de concreto con base en el volumen nominal de agregado grueso.

*Tabla N°9. Contenido de Aire de acuerdo al TMN de agregado grueso.*

TMN Agregado		Aire Atrapado %
3/8"	10 mm	3
1/2"	13 mm	2.5
3/4"	19 mm	2
1"	25 mm	1.5
1 1/2"	38 mm	1
2"	50 mm	0.5
3"	75 mm	0.3
6"	150 mm	0.2

*Fuente: [17].*

## 4° Selección del contenido de agua

Establecer la cuantía que se tomará de agua, para poder hacer la mezcla y cuya medida se dará en (m<sup>3</sup>) del concreto y así tener una resistencia adecuada. Por eso, con este componente se podrá hallar la proporción del cemento para agregar a la mezcla.

*Tabla N°10. Agua en lts/m<sup>3</sup>, para los TMN de agregado grueso y slump de diseño.*

Concreto sin aire incorporado									
Asentamiento		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1"	2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3"	4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6"	7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado									
Asentamiento		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1"	2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3"	4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6"	7"	216	205	197	184	174	166	154	-

*Fuente: [17].*

### 5° Selección de la relación agua/cemento

El enlace de agua a cemento necesaria para la preparación del hormigón depende de la resistencia, cuyo valor se selecciona de las tablas que indican la cantidad de agua incluida en la mezcla.

*Tabla N°11. Relación agua- cemento por resistencia.*

*Fuente: [17].*

f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación a/c en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
420	0.41	

## 6° Selección del peso del agregado grueso

De acuerdo al volumen del agregado grueso y el coeficiente de finura del agregado fino, se puede determinar el factor “Po”, y así determinar el volumen de este en la mezcla del mismo concreto. Siendo el volumen del árido en (m<sup>3</sup>), que pasará a una masa seca de agregado grueso requerida por m<sup>3</sup> de concreto.

*Tabla N°12. Selección del Volumen de agregado grueso en función del MF del árido fino.  
Fuente: [17].*

TMN del agregado		Módulo de finura del agregado fino						
		2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3
3/8"	10 mm	0.5	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44
1/2"	13 mm	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53
3/4"	19 mm	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.6
1"	25 mm	0.71	0.7	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65
1 1/2"	38 mm	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.7
2"	50 mm	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72
3"	75 mm	0.81	0.8	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75
6"	150mm	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81

## 7° Ajustes por humedad de los agregados

Para diseñar el grado, se debe considerar estrictamente el contenido de humedad del agregado. Por ello, al peso del agua que contiene hay que añadirle árido seco.

$$P_{\text{agreg. húmedo}} = P_{\text{Agreg. seco}}(1 + \text{contenido de humedad } \%)$$

*Ecuación N° 5. Reajuste por humedad para agregados.*

## 8° Cálculo de agua efectiva

La cantidad de agua efectiva utilizada en la mezcla debe aumentar o disminuir según el contenido de humedad del agregado y la cantidad total de agua que puede absorber.

$$AP_{\text{humedad de agregados}} = P_{\text{Agreg. seco}}(\% \text{ contenido de humedad} + \% \text{ Absorción})$$

*Ecuación N° 6. Cálculo de los aportes de humedad de los agregados.*

## **Propiedades Del Concreto Fresco**

### **Trabajabilidad del concreto**

El concreto en estado fresco reflejan su adecuada manipulación, colocación y compactación sin que se produzcan separaciones. La distribución homogénea de todos los agregados y la existencia de aire atrapado contribuyen a aumentar su facilidad de manejo y a controlar el fenómeno de segregación. [20]. Existen otros factores que afectan esta característica, como los niveles de aire presentes en la mezcla, la temperatura del concreto, el tipo de cemento utilizado, la consistencia de la mezcla, las propiedades de los agregados y los aditivos.

Por lo tanto, se puede evaluar mediante la medición de su consistencia, la cual puede ser cuantificada utilizando el ensayo del cono de Abrams. Si el resultado del ensayo muestra un valor bajo de asentamiento (slump), indica que la mezcla está seca, lo cual puede generar dificultades donde se va a compactar y colocar el concreto.

### **Consistencia**

Se refiere a su capacidad de ser moldeado, mantener su uniformidad y presentar un volumen mínimo de espacios vacíos. Esta característica está principalmente determinada por la proporción de agua presente en la mezcla. La consistencia del concreto está estrechamente relacionada con su trabajabilidad, aunque no son términos intercambiables.

Uno de los métodos clásicos para medir el “Slump”, es con el cono de Abrams, sirve para conseguir una adecuada consistencia y por ende una trabajabilidad uniforme. Es método consiste en colocar el concreto en tres partes, siendo chuseado 25 veces en cada una de ellas, para posterior a ello retirar el molde y medir la diferencia de alturas entra la mezcla fresca y el molde, a eso se le determina “Slump” [7].

## **Segregación**

Esto ocurre cuando los agregados se desprenden de la pasta, lo cual es altamente perjudicial ya que provoca la formación de áreas con exceso de piedras o segregación. Estos fenómenos están estrechamente relacionados con la consistencia del concreto, y el riesgo de que ocurran aumenta cuando la mezcla está demasiado húmeda. Otras causas de estos problemas pueden ser una manipulación deficiente, una colocación inadecuada o un exceso de vibración durante el proceso.

## **Temperatura del Concreto**

El vertido de grandes volúmenes de concreto requiere mayor análisis, todo esto para controlar la generación del calor de hidratación del cemento, esto se puede disminuir con la utilización de concretos bajos en silicato tricálcico y aluminato tricálcico [21].

## **Contenido de Aire**

En la formación del concreto va quedando un volumen de aire en forma de burbujas, esto ocupa un porcentaje. Cuando este valor es alto, la resistencia del concreto se ve disminuida, Sin embargo, cuando se tiene como condición ciclos de congelamiento y deshielo, este concreto será muy útil. Generalmente en concretos sin aire incorporado, el volumen de aire oscila entre el 1% y 3%.

## Principales propiedades del concreto en el estado endurecido

### Resistencia a la Compresión

Es la capacidad que soporta el concreto en el estado elástico. Además, es una de las principales propiedades en el estado endurecido, esta es la principal fuente de aceptación o rechazo de los concretos. Tiene relación con los siguientes factores: Contenido de cemento, contenido de agua, relación agua- cemento, características físicas de los agregados, aire presente en la mezcla, condiciones de curado, empleo de materiales puzolánicos.

### Resistencia a la tracción indirecta

Se define como el esfuerzo a tracción máximo que puede soportar el concreto, el ensayo brasilero se encarga de medir de manera indirecta la tracción en concreto, cargando axialmente de manera linealmente uniforme en uno de sus ejes, provocando que falle por tracción en el otro eje.

### Peso unitario del concreto

Esta propiedad va depender del grado de compactación, del tamaño de los agregados, el contenido de humedad, forma y factores externos de los agregados. Según su peso unitario tiende a clasificarse: Concreto ligeros su valor oscila entre 1440 a 1840 Kg/m<sup>3</sup>, Concretos normales (2155 a 2560 Kg/m<sup>3</sup>) y para concretos pesados varia 2600 – 5600 Kg/m<sup>3</sup>

### Elasticidad

Es la propiedad del concreto que soportar la aplicación de carga sin deformarse de manera permanente. Existe un valor referenciado por la norma E-0.60 del RNE, que está en función del  $f'c$  del concreto, pero con la condición de que estos deben estar en el rango para concretos de peso normal, es decir los que se acercan 2300 kg/cm<sup>3</sup>, cumpliendo esto puede tomarse el valor de:

$$E_c = 4700 * \sqrt{f'c} \text{ en MPa}$$

$$E_c = 15000 * \sqrt{f'c} \text{ en Kg/cm}^2$$

*Ecuación N° 7. Fórmula para encontrar la elasticidad del concreto.*

## **Materiales y métodos**

### **Tipo de investigación**

Es aplicativo y cuantitativo, puesto que generará nuevos conocimientos relacionados a la reutilización de residuos de ladrillo y la aplicación de nanoplaquetas de grafeno al concreto estructural. A demás de plantear una posible solución en la búsqueda de optimizar las propiedades del concreto.

La investigación tendrá como hipótesis planteada: El reemplazo parcial del cemento en el concreto estructural con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, mejora sus propiedades mecánicas del concreto estructural en estado fresco y endurecido.

### **Nivel de investigación**

El trabajo de investigación es experimental, por lo que se analizará desde los porcentajes óptimos de las adiciones, debido a que en el estudio se utilizará el residuo de ladrillo juntamente con las nanoplaquetas de grafeno como reemplazo parcial de cemento en la elaboración de concreto estructural, además se realizarán ensayos para corroborar la hipótesis planteada.

### **Objeto de estudio**

El presente trabajo de investigación es el concreto estructural elaborado con reemplazos parciales de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo en función del cemento, del cual se evaluarán sus propiedades mecánicas.

## Operacionalización de Variables

Para la identificación de variables, se analizó la hipótesis de la investigación, dando como resultado el siguiente cuadro:

VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
TIPO	DESCRIPCION			
INDEPENDIENTE	Residuos de ladrillo en polvo	Propiedades físicas y químicas	Análisis químico	<b>Técnica:</b> Experimental <b>Instrumento:</b> Antecedentes, Laboratorio, normas Peruanas e Internacionales.
			Peso específico	
	Nanoplacas de grafeno	Decantación	Si presenta/No presenta	
DEPENDIENTES	Ensayos en el estado fresco	Asentamiento	Pulg.	"Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland" NTP 339.035
		Contenido de Aire	Porcentaje %	"Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco" NTP 339.080
		Peso unitario	Kg/m <sup>3</sup>	"Método de ensayo para determinar la densidad, rendimientos y contenido de aire del concreto" NTP 339.046
	Ensayos en el estado endurecido	Resistencia a la compresion	Kg/cm <sup>2</sup>	"Método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión en cilindros de concreto elaborados en moldes cilindricos" NTP 339.214
		Resistencia a la traccion indirecta	Kg/cm <sup>2</sup>	"Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilindricas" ASTM C-496
		Módulo de Elasticidad	Kg/cm2	"Método de Ensayo Estándar para determinar el Módulo de elasticidad Etático y Relación de Poission del concreto a Compresión" ASTM C-469

*Tabla N°12. Operacionalización de Variables.  
Fuente: Elaboración Propia.*

## **Población, muestra de estudio y muestreo**

### **Población**

Conformada principalmente por las nanoplaquetas de grafeno en polvo, residuos de ladrillo producidos por la ladrillera “Master” y los agregados naturales extraídos de la cantera en la región Lambayeque.

Se elaborará un concreto utilizando una adición conformada por las nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo en polvo reemplazando parcialmente al cemento como referencia las tablas de diseño ya establecidas por el método ACI, para la elaboración de muestras que posteriormente se utilizarán para hacer los ensayos correspondientes.

### **Criterios de selección de muestra**

Según la NTP 339.034 establece como mínimo deben ensayarse dos probetas por día para poder así sacar un promedio de estas. Así mismo se consideró el ensayo de tracción indirecto.

### **Muestra**

En la muestra se consideró a los nanoplaquetas de grafeno en polvo y residuos de ladrillo, este último obtenido ya sea por ser un desecho de fabrica o por obras de demolición.

Los residuos de ladrillo fueron tomados provenientes de un mal proceso de fabricación en su cocción, así como también por obras de demolición, pasando por un previo proceso de selección, mientras que las nanoplaquetas de grafeno fueron brindados por la casa de estudios Usat. Los porcentajes de reemplazo fueron tomados en cuenta a partir de investigaciones previas, expuestas en los antecedentes, los cuales para el residuo de ladrillo en polvo se utilizará en 3 y 5%, y para las nanoplaquetas de grafeno en 0.05% y 0.1%, todo en función del peso de cemento.

En el ensayo de la resistencia a la compresión se consideró roturas de moldes cilíndricos a los 7, 14 y 28 días, además, se ha incluido ensayos a los 56 días, teniendo en cuenta los antecedentes. Esto con respecto en investigaciones anteriores, las puzolanas generan bajas resistencias a tempranas edades, pero se eleva a los 56 días, mientras que para las

nanoplaquetas de grafeno si desarrolla buena resistencia a los 28 días en comparación con el concreto patrón.

*Tabla N°13. Cálculo de muestra para concreto  $f'c:210 \text{ kg/cm}^2$ .*

*Fuente: Elaboración Propia.*

CONCRETO ESTRUCTURAL ELABORADO CON NANOPLAQUETAS DE GRAFENO Y RESIDUOS DE LADRILLO							
Tipo de cemento			Tipo I				
% de reemplazo			0%	0.05NG% - 3 RL%	0.1NG% -3 RL%	0.05NG% -5 RL%	0.1NG% -5 RL%
ENSAYOS		TIEMPO DE CURADO					
Resistencia a la compresión	Probeta (d = 15 cm y H= 30 cm)	7, 14, 28 y 56 días	8	8	8	8	8
Resistencia a la tracción	Probeta (d = 15 cm y H= 30 cm)	7 y 28 días	4	4	4	4	4
Elasticidad	Probeta (d = 15 cm y H= 30 cm)	28 días	2	2	2	2	2
<b>SUBTOTAL</b>			14	14	14	14	14
<b>TOTAL</b>			70				

Los resultados en el ensayo a la tracción, se analizará para 7 y 28 días, debido a que el grafeno en los antecedentes tiende a subir esta propiedad en el concreto. Adicional a ello, también se analizará la elasticidad.

## Muestreo

Sera tomado en cuenta el criterio no probabilístico, ya que, todo depende del investigador acerca de la selección de los elementos.

## **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **Técnicas de recolección**

En el presente trabajo de investigación se usaron dos técnicas la primera fue la investigación la cual consistió en la búsqueda de los antecedentes y bibliografía, en la segunda técnica fue experimental basada en los ensayos que se realizaran.

### **Instrumentos de recolección de datos:**

Principalmente tenemos las fichas de observación como principal técnica de recojo de datos. Servirá para recolectar datos del laboratorio tanto del concreto patrón como del concreto experimental en estudio (concreto estructural con las adiciones de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo en polvo en diferentes porcentajes en función del peso del cemento). Es así que este instrumento será validado por juicio de expertos.

- ✓ Formato para ensayo de Granulometría.
- ✓ Formato para ensayo de Humedad.
- ✓ Formato para ensayo de Gravedad Específica.
- ✓ Formato para ensayo de Absorción y Peso Específico.
- ✓ Formato para ensayo de Pesos Unitarios Suelos y Compactados.
- ✓ Formato para ensayo de Asentamiento.
- ✓ Formato para ensayo de Resistencia a la Compresión.
- ✓ Formato para ensayo de Resistencia a la Tracción.
- ✓ Formato para ensayo de Módulo de Elasticidad

## Estrategia Metodológica

El proyecto de investigación tendrá como finalidad demostrar que la alternativa de reemplazo parcial de cemento por nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo en polvo mejora sus propiedades mecánicas del concreto estructural, es por ello que se realizarán diversos ensayos para su comprobación.

Para lograr lo mencionado anteriormente se realizó primero la obtención de los agregados que se utilizarán para la elaboración del concreto. Para el concreto convencional la arena gruesa se obtuvo de la cantera La Victoria ubicada en Pomalca y la piedra chancada de la cantera Tres Tomas la cual está ubicada en Ferreñafe, ambas en el departamento de Lambayeque, y para el concreto experimental las nanoplaquetas de grafeno fueron brandadas por la casa de estudios, mientras que el residuo de ladrillo fue brindado por la Ladrillera “Master”, básicamente para la muestra de ladrillo se consideró las que son rotas por el proceso de almacenamiento y traslado propio en fábrica. Primero se hizo un descarte visual aquellos residuos con manchas blancas o en lo que su defecto estaba quemado. Para la obtención del residuo de ladrillo en polvo, se puso a la máquina de los ángeles para así puedan ser trituradas por 30 minutos juntamente con 9 bolas de acero propias de la máquina y luego ser tamizadas por la malla N° 100.



*Figura N°2. Residuos de ladrillo sacados de la máquina de los Ángeles. Fuente: Propia*



*Figura N°3. Tamiz por el que se pasó lo. residuos de ladrillo. Fuente: Propia*



*Figura N°4. Tamizado de Residuo de ladrillo. Fuente: Propia*

Vale mencionar que para este proceso es importante contar con mascarilla protectora para partículas finas, debido a que el residuo de ladrillo en polvo obtenido es muy volátil, con bastante facilidad asciende en el ambiente.

Una vez obtenido los resultados de los agregados, se realizó la elaboración del concreto donde se llevó a cabo la ejecución de los ensayos correspondientes para agregados, granulometría, contenido de humedad, absorción, pesos unitarios, pesos específicos, contenido de sales, todo de acuerdo a la normativa peruana correspondiente, para mayor información, cada uno de los pasos se encuentran descritos en bases teóricas.



*Figura N5. Cuarteo de agregado fino. Fuente: Propia*



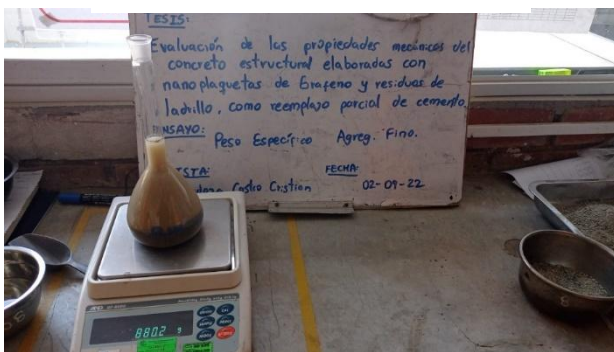
*Figura N°6. Cuarteo de agregado grueso. Fuente: Propia*



*Figura N°7. Granulometría agregado fino. Fuente: Propia*



*Figura N°8. Granulometría agregado grueso. Fuente: Propia*



*Figura N°9. Peso específico agregado fino. Fuente: Propia*



*Figura N°10. Peso específico agregado grueso. Fuente: Propia*

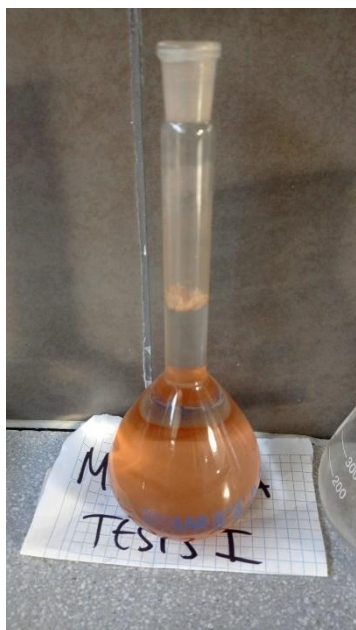


*Figura N°11. Colocación de muestras en horno- contenido de humedad-absorción. Fuente: Propia*



*Figura N°12. Sumergimiento de canastilla para obtención de peso específico de agregado grueso. Fuente: Propia*

Es importante mencionar que también se realizó la obtención del peso específico del residuo de ladrillo en polvo, siendo este dato importante para el diseño de mezclas, ya que este material junto con las nanoplaquetas de grafeno será agregado como reemplazo parcial del cemento. El procedimiento que se siguió fue tal cual como si fuese del agregado fino, con respecto a las nanoplaquetas de grafeno ya no fue necesario debido a que este material contaba con ficha técnica.



*Figura N°13. Muestra en reposo de residuo de ladrillo en polvo.  
Fuente: Propia*



*Figura N°14. Peso específico del residuo de ladrillo en polvo.  
Fuente: Propia*

Una vez de haber realizados estos ensayos tanto a los agregados como a los materiales se procedió a calcular los diseños de mezclas tanto para el concreto patrón, como para los experimentales siguiendo la metodología del Comité ACI-211.

Cabe mencionar que para la mezcla de los materiales que reemplazaran en un porcentaje al cemento, al momento del mezclado se realizó como sería en campo, estos materiales fueron mezclados con el cemento previo vaciado al trompo.

Luego de haber culminado con el diseño, se procedió a verificar si cumplía con el Slump de diseño, eso se corroboró con el ensayo de consistencia a través del cono de Abrams, para el caso de la presente investigación se tuvo que hacer una corrección de slump de 2", es decir se tuvo que realizar el reajuste adicionándole 10 litros de agua por cada metro cubico de concreto, una vez que el

concreto patrón ya cumplió, se procedió a vaciar las probetas que se necesitaba, teniendo en cuenta los 15 golpes con el martillo de goma y 25 chuseadas con la varilla lisa por cada capa cada 10 cm de altura, todo de acuerdo a normativa NTP 339.035, lo mismo se realizó para los concretos experimentales, salvo la mención que la cantidad de material de reemplazo se calculó tal cual como se agrega un aditivo, es por eso que era importante saber los datos de sus pesos específicos.



*Figura N°15. Medición de Slump.  
Fuente: Propia*



*Figura N°16. Medición de Slump-  
concreto patrón. Fuente: Propia*

El ensayo de contenido del aire del concreto se realizó con el procedimiento descrito en la NTP 339.080, empleando la olla de Washington se determinó el contenido de aire atrapado de cada diseño de mezcla.

Por último, para los ensayos del concreto en el estado fresco, se realizó el peso unitario según la metodología establecida en la NTP 339.046, tanto para el concreto patrón como experimentales, se elaboraron dos probetas por cada diseño y se promedió al final de ellas, también se calculó el rendimiento de la mezcla, con peso unitario real y el peso unitario in situ.



*Figura N°17. Muestra para peso unitario del concreto. Fuente: Propia*

Luego de haber realizados todos los ensayos para el concreto en estado fresco, se procedió hacer las muestras para realizar los ensayos del concreto en el estado endurecido, todo según normativa para la elaboración de testigos cilíndricos de 15x 30 cm.



*Figura N°18. Testigos para el concreto experimental. Fuente: Propia*



*Figura N°19. Desencofrado de probetas Fuente: Propia*

Una vez ya desencofrados de los moldes, las probetas fueron llevados a la zona de curado, para su posterior ensayo de resistencia a la compresión, acorde con la NTP 339.214, se ensayó a los 7, 14, 28 y 56 días. Para los ensayos de resistencia a la tracción se siguió la metodología de la norma ASTM C-39, para este ensayo los días fueron a los 7 y 14.



*Figura N°20. Curado de testigos  
Fuente: Propia*



*Figura N°21. Ensayo de resistencia  
a la compresión. Fuente: Propia*



*Figura N°22. Ensayo de resistencia  
a la tracción. Fuente: Propia*

Finalmente, para la realización del módulo de elasticidad, se siguió la metodología propuesta por ASTM C-469, el cual también trabaja con testigos cilíndricos a los 28 días de su moldeamiento, y este resultado se comparó con la fórmula propuesta por norma E-0.60 de concreto armado.



*Figura N°23. Ensayo de módulo de elasticidad. Fuente: Propia*

## Matriz de consistencia

<b>"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTRUCTURAL ELABORADOS CON NANOPLAQUETAS DE GRAFENO Y RESIDUOS DE LADRILLO, COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO"</b>					
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>POBLACIÓN</b>
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variables independientes</b>	<b>Tipo de Investigación</b>	<b>Población</b>
¿De qué manera, las adiciones de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento, variará las propiedades mecánicas del concreto estructural?	Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial de cemento	El reemplazo parcial del cemento en el concreto estructural con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, mejora sus propiedades mecánicas del concreto estructural en estado fresco y endurecido	Partículas de residuos de ladrillo producido en la ladrillera "Master". Partículas de nanoplaquetas de grafeno.	Experimental	Conformada principalmente por las nanoplaquetas de grafeno en polvo, residuos de ladrillo producidos por la ladrillera "Master" y los agregados naturales extraídos de la cantera en la región Lambayeque.
	<b>Objetivo específico</b>		<b>Variables Dependientes</b>	<b>Nivel de Investigación</b>	<b>Muestra</b>
	Estimar los porcentajes óptimos de las partículas adicionadas al concreto estructural.		Propiedades del concreto estructural en estado fresco y endurecido	Cualitativo	Para los ensayos de resistencia a la compresión se ha considerado rotura de probetas a los 7, 14 y 28 días, además, se ha incluido ensayos a los 56 días, teniendo en cuenta los antecedentes. De acuerdo con varios estudios, las puzolanas generan bajas resistencias a tempranas edades, pero se eleva a los 56 días, mientras que para las nanoplaquetas de grafeno si desarrolla buena resistencia a los 28 días en comparación con el concreto patrón.
	Establecer el diseño de mezclas para un concreto con $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> , adicionando la mezcla compuesta de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo en polvo como reemplazo parcial del cemento.				
	Comparar las variaciones de las propiedades del concreto fresco con la adición de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, con respecto al concreto patrón				
	Examinar la influencia de la mezcla adicionada en la resistencia a la compresión y tracción del concreto estructural a sus diferentes edades				
Analizar el costo y beneficio de la elaboración de concreto estructural con las adiciones de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo en polvo, como reemplazo parcial del cemento					

Tabla N°12. Matriz de consistencia.

## Resultados y Discusión

### Resultados

Se han utilizado testigos de 15x 30 cm, para un concreto estructural  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, es por ello que primero se realizó los ensayos correspondientes para cada agregado interviniente:

### Propiedades del agregado fino

#### Análisis Granulométrico

Para este ensayo se obtuvo lo siguiente:

		Malla		Peso Retenido	% Retenido	% RA	% que pasa
		pulg	mm				
TN	TM	3/8"		0	0.00	0.00	100.00
	TMN	N° 04		23.6	4.72	4.72	95.28
		N° 08		56.6	11.32	16.04	83.96
		N° 16		94.5	18.90	34.94	65.06
		N° 30		107.3	21.45	56.38	43.62
		N° 50		121.5	24.30	80.68	19.32
		N° 100		73.0	14.60	95.28	4.72
		Fondo		23.60	4.72	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>				<b>500</b>			

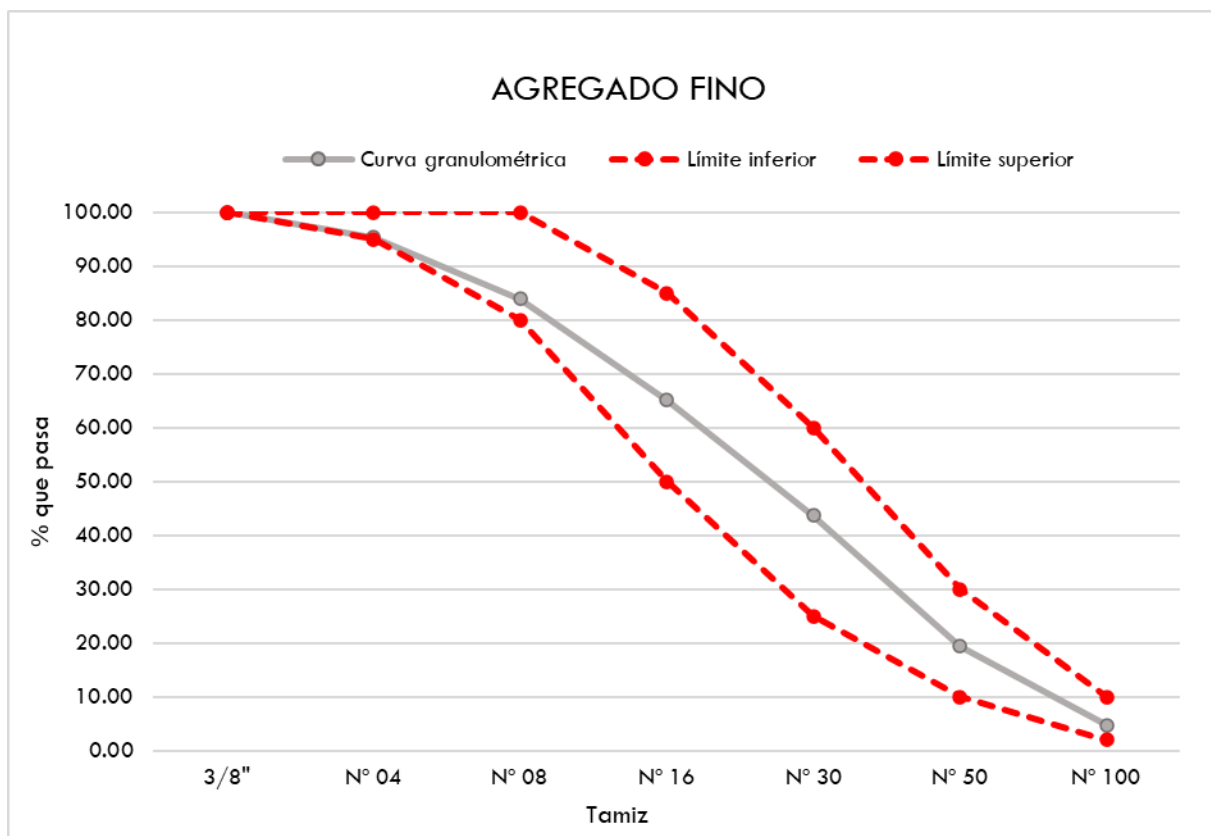
*Tabla N°13. Granulometría del Agregado Fino.*

El agregado provino de la cantera La Victoria, ubicada en Pátapo. Según los valores que se presenta para Peso Retenido, se puede denotar que es de un agregado fino porque existe retenido entre las mallas N°4 y N°100.

Para su gráfica:

TAMIZ	LÍMITES		AGREGADO
3/8"	100	100	100.00
N° 04	95	100	95.28
N° 08	80	100	83.96
N° 16	50	85	65.06
N° 30	25	60	43.62
N° 50	10	30	19.32
N° 100	2	10	4.72

*Tabla N°14. Valores para gráfica de curva granulométrica- Agregado Fino.*



*Figura N°24. Curva Granulométría del Agregado Fino y Husos*

De la figura N°24, la curva del agregado cumple con los requisitos límites especificados por la norma NTP 400.012, lo que significa que se encuentre bien gradado.

### Módulo de fineza

<b>Malla (pulg)</b>	<b>% RA</b>
3"	0.00
1 1/2"	0.00
3/4"	0.00
3/8"	0.00
N° 04	4.72
N° 08	16.04
N° 16	34.94
N° 30	56.38
N° 50	80.68
N° 100	95.28
<b>MF</b>	
<b>2.88</b>	

*Tabla N°15. Módulo de fineza- Agregado Fino.*

Se tiene como análisis, que el agregado se encuentra correctamente gradado, pues cumple con los límites impuestos por normativa. Además, su módulo de fineza también se encuentra en el rango de 2.1 a 3.2, demostrando que fue correcto su uso como elemento del concreto del proyecto. Adicionalmente, se puede mencionar que el valor obtenido al acercarse al rango máximo, predominan las partículas gruesas.

### **Ensayo de humedad**

Para este ensayo se siguió los lineamientos descritos en la NTP 339.185, para encontrar la humedad del agregado fino, se obtuvo el siguiente resultado:

$$\begin{aligned}
 P_s &= 1185 \text{ g} \\
 P_w &= 1200 \text{ g} \\
 \% H &= \frac{(P_w - P_s) * 100}{P_s} \\
 \% H &= \mathbf{1.27}
 \end{aligned}$$

Como análisis del valor de contenido de humedad para el agregado fino, se puede decir que, al tener un valor bajo, este no va aportar mucha agua al diseño de mezclas, lo cual indicaría un posible reajuste proporción, para obtener el slump de diseño.

## Ensayo de Absorción y Peso específico

Se siguió los lineamientos dispuestos en la NTP 400.022, obteniendo el peso específico igual a 2.469 gr/cm<sup>3</sup> y un porcentaje de absorción de 1.32.

### Absorción

$$P_{SSS} = 300 \text{ g}$$

$$P_S = 296.10 \text{ g}$$

$$\% A = \frac{(P_{SSS} - P_S) * 100}{P_S}$$

$$\% A = 1.32$$

Como análisis entre los resultados de absorción y de humedad para el agregado fino, al ser menor este último, se puede decir que va restar agua al diseño de mezclas, lo que va conllevar a una reducción de la relación a/c y aumentaría el f'c, pero lo expondría a grietas.

### Peso específico

*Tabla N°16. Peso específico del Agregado Fino.*

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

#### I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco -	(g)	<b>872.5</b>	<b>872.5</b>
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Fra	(g)	692.41	692.41
3.- Peso del Agua	(g)	180.09	180.09
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del F	(g)	488.51	488.51
5.- Peso del Frasco	(g)	<b>192.41</b>	<b>192.41</b>
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	<b>296</b>	<b>296</b>
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

#### II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.469</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	1.563
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.552

*Fuente: Elaboración Propia.*

Con el valor obtenido de 2.469, podemos decir que se encuentra del rango aproximado aceptable para peso específico de los agregados, ya que es de 2.4 a 2.9 g/cm<sup>3</sup>. Este dato es muy fundamental, ya que, si se contara con un valor mucho menor, indicaría que es un material muy poroso.

### Ensayo peso volumétrico suelto y compactado

Este dato será útil para el cálculo de la cantidad de agregados que se va necesitar en el diseño de mezclas.

En este ensayo se han obtenido resultados del peso volumétrico para el agregado fino, fueron de 1633 kg/m<sup>3</sup> para el peso unitario suelto húmedo, mientras que para el peso unitario suelto seco fue de 1613 kg/m<sup>3</sup>, así como también de 1766.5 Kg/m<sup>3</sup> para el peso unitario compactado húmedo y finalmente de 1744 kg/m<sup>3</sup> para el peso unitario compactado seco.

*Tabla N°17. Peso unitario suelto húmedo y seco del Agregado Fino.*

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo.

#### 1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>14532</b>	<b>14472</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		14532	14472
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00888	0.00888
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1636	1630
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1613</b>	

*Fuente: Elaboración Propia.*

*Tabla N°18. Peso unitario compactado húmedo y seco del Agregado Fino.*

#### 2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>15682</b>	<b>15692</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		15682	15692
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00888	0.00888
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1766	1767
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1744</b>	

*Fuente: Elaboración Propia.*

## Propiedades del agregado grueso

### Análisis Granulométrico

Se obtuvo lo siguiente:

	Malla		Peso Retenido	% Retenido	% RA	% que pasa
	pulg	mm				
	2"		0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"		0.00	0.00	0.00	100.00
TM	1"		0.00	0.00	0.00	100.00
TMN	3/4"		4212.00	14.77	14.77	85.23
	1/2"		0.00	0.00	14.77	85.23
	3/8"		14523.00	50.92	65.68	34.32
	N° 4		9263.00	32.47	98.16	1.84
	N° 8		526.00	1.84	100.00	0.00
	Fondo		0.00	0.00	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>			<b>28524.00</b>			

*Tabla N°19. Granulometría del Agregado Grueso.*

Para su gráfica:

TAMIZ	LÍMITES (HUSO 67)		AGREGADO
1"	100	100	100.00
3/4"	90	100	85.23
3/8"	20	55	34.32
N°4	0	10	1.84
N°8	0	5	1.84

*Tabla N°20. Valores para gráfica de curva granulométrica- Agregado Grueso.*

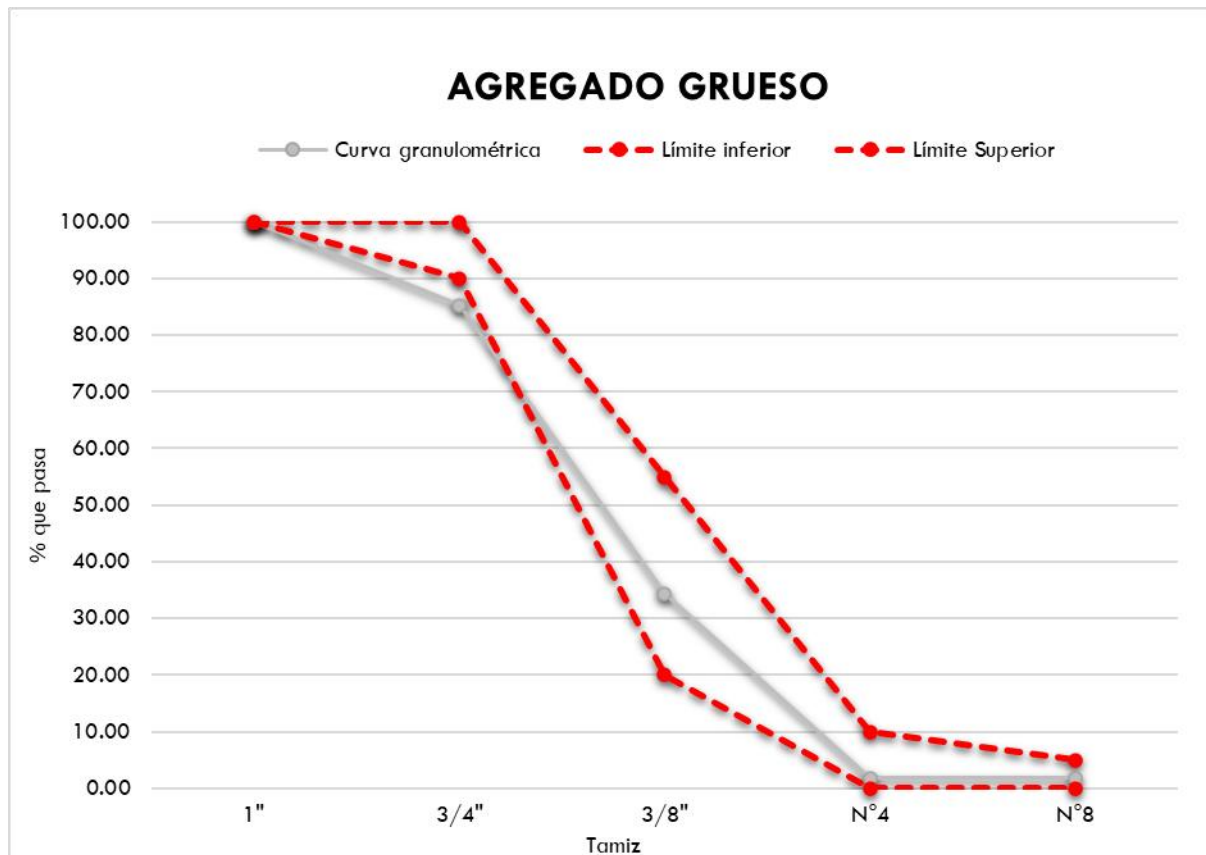


Figura N25°. Curva Granulométría del Agregado Grueso y Huso 67.

Como se ve en el gráfico, la curva del agregado cumple con los requisitos de los límites del HUSO 67, excepto en retenido acumulado en malla  $\frac{3}{4}$ ", lo que significa que el agregado tiene muchas partículas gruesas.

### Módulo de fineza

<b>Malla (pulg)</b>	<b>% RA</b>
3"	0.00
1 1/2"	0.00
3/4"	14.77
1/2"	14.77
3/8"	65.68
N° 04	98.16
N° 08	100.00
N° 16	100.00
N° 30	100.00
N° 50	100.00
N° 100	100.00
<b>MF</b>	
<b>6.93</b>	

*Tabla N°21. Módulo de fineza- Agregado Grueso.*

Se tiene como un análisis prematuro que, el agregado no se encuentra correctamente gradado, pues no cumple con los límites impuestos. Sin embargo, es por muy poco, lo que significa que aún podría utilizarse. Además, su módulo de fineza también se encuentra en el rango (5.1 a 7.2), demostrando que fue correcto su uso como elemento del concreto del proyecto.

### **Ensayo de humedad**

El agregado grueso de la cantera Tres Tomas y con el ensayo se obtuvo 0.38%.

$$P_s = 1195.5 \text{ g}$$

$$P_w = 1200 \text{ g}$$

$$\% H = \frac{(P_w - P_s) * 100}{P_s}$$

$$\% H = \mathbf{0.38}$$

## Ensayo de Absorción y Peso específico

Se siguió los lineamientos dispuestos en la NTP 400.022, obteniendo el peso específico igual a 2.668 gr/cm<sup>3</sup> y un porcentaje de absorción de 0.67.

### Absorción

$$\begin{array}{l}
 P_{SSS} = 1362 \text{ g} \\
 P_s = 1353.00 \text{ g}
 \end{array}
 \quad
 \% A = \frac{(P_{SSS} - P_s) * 100}{P_s}$$

**% A = 0.67**

Como análisis entre los resultados de absorción y de humedad para el agregado fino, al ser menor este último, se puede decir que va restar agua al diseño de mezclas, lo que va conllevar a una reducción de la relación a/c y aumentaría el f'c, pero lo expondría a grietas.

### Peso específico

*Tabla N°22. Peso específico y absorción del Agregado Fino.*

Cantera : Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe.

#### **I.- Datos.**

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	<b>1353</b>	<b>1353</b>
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	<b>1362</b>	<b>1362</b>
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del	(g)	<b>1735</b>	<b>1735</b>
4.- Peso de la canastilla	(g)	<b>880</b>	<b>880</b>
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	855	855

#### **II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.668</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.685
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.716

*Fuente: Elaboración Propia*

Con el valor obtenido de 2.668, podemos decir que se encuentra del rango aproximado aceptable para peso específico de los agregados, ya que es de 2.4 a 2.9 g/cm<sup>3</sup>. Este dato es muy fundamental, ya que, si se contara con un valor mucho menor, indicaría que es un material muy poroso, por tanto, aumentaría su absorción, debilitando así al concreto, restándole agua efectiva al diseño de mezcla.

### Ensayo peso volumétrico suelto y compactado

El agregado grueso, es 1422 kg/m<sup>3</sup> para el peso unitario suelto húmedo, mientras que para el peso unitario suelto seco fue de 1417 kg/m<sup>3</sup>, así como también de 1542.5 Kg/m<sup>3</sup> para el peso unitario compactado húmedo y finalmente de 1537 kg/m<sup>3</sup> para el peso unitario compactado seco.

*Tabla N°23. Peso unitario suelto húmedo y seco del Agregado Grueso.*

*Fuente: Elaboración Propia*

Cantera : Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe.

#### A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>12642</b>	<b>12612</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		12642	12612
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00888	0.00888
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1424	1420
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1417</b>	

*Tabla N°24. Peso unitario compactado húmedo y seco del Agregado Grueso*

#### B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>13692</b>	<b>13702</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		13692.0	13702.0
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00888	0.00888
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1542	1543
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1537</b>	

*Fuente: Elaboración Propia*

## Propiedades del Residuo de Ladrillo en Polvo

El peso específico del residuo de ladrillo, una vez ya pasado por la máquina de los ángeles, tamizado por la malla N° 100 y se determinó con la NTP 400.022, para agregado fino. Siendo como dato de 2.685 g/cm<sup>3</sup> de peso específico.

*Tabla N°25. Peso específico y absorción del Agregado Fino.*

Ladrillera : Master

### **I .- Datos.**

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco -	(g)	<b>995.1</b>	<b>995.1</b>
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Fra	(g)	692.41	692.41
3.- Peso del Agua	(g)	302.69	302.69
4.- Peso de la Arena Secada al Homo + Peso del F	(g)	304.11	304.11
5.- Peso del Frasco	(g)	<b>192.41</b>	<b>192.41</b>
6.- Peso de la Arena Secada al Homo	(g)	<b>112</b>	<b>112</b>
7.- Volumen del frasco	(g)	300	300

### **II .- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.685</b>
-----------------------------	----------------------	--------------

*Fuente: Elaboración Propia*

## Resultados del diseño de mezcla

Ya obtenidos los resultados de los agregados se realizó el diseño de mezclas siguiendo la metodología del comité ACI 211. Para una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, por tratarse de un concreto estructural el objeto de estudio.

A continuación, se muestra el procedimiento para el concreto patrón, ya que las otras 4 dosificaciones obtenidas son reemplazos en función del peso del cemento. El tipo de cemento Tipo I.

### 1. Cálculo de la resistencia requerida ( $f'_{cr}$ )

Al no haber realizado ensayos anteriores para tener la data suficiente y aplicar la desviación estándar se utilizó la siguiente tabla que está en función del  $f'_{c}$  de diseño:

$f'_{c}$ especificado	$f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
< 210	$f'_{c} + 70$
210 a 350	$f'_{c} + 85$
>350	$1.1f'_{c} + 50$

Tabla N°26. Resistencia a la compresión promedio.

Fuente: [19].

$$f'_{cr} = 295 \text{ kg/cm}^2$$

### 2. Determinación del TMN del árido grueso

De acuerdo con el ensayo de granulometría para el agregado grueso se determinó el **TMN** siendo de  $\frac{3}{4}$ ".

### 3. Selección del Asentamiento

Para este criterio se optó por trabajar con un concreto dentro del rango plástico es decir un **slump** de diseño entre 3" a 4".

### 4. Determinación del contenido de agua y aire atrapado

Para el contenido del agua se determinó con la ayuda de la tabla N°, donde se debe tener en cuenta el asentamiento y TMN del árido grueso.

Asentamiento	Tamaño máximo nominal del agregado grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	--

Tabla N°27. Volumen de agua por m<sup>3</sup> (en lts).

Fuente: [19]

Conociéndose en los puntos 2 y 3, el TMN de  $\frac{3}{4}$ " y un asentamiento entre 3" a 4" respectivamente, se pudo determinar el agua de diseño siendo igual a 205 lt/m<sup>3</sup>.

Para el contenido de aire atrapado, este se determinó con la ayuda del TMN del agregado grueso, siendo este de 2%

#### 5. Selección de la relación a/c

La relación a/c que se eligió fue por resistencia, mas no por durabilidad, debido a que el concreto no se expondrá a ensayos para verificar esta propiedad.

f'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua cemento en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
420	0.41	
450	0.38	

*Tabla N°28. Relación a/c por resistencia (f'cr)*

*Fuente: [19]*

Como se sabe en el apartado 1 se determinó el f'cr, siendo de 295 kg/cm<sup>2</sup> y como se aprecia en la tabla N°28 no se encuentra un valor referenciado a este valor, es por eso que se procedió a interpolar para los valores que engloban a este (280 – 300 kg/cm<sup>2</sup>)

$$a/c = 0.555$$

## 6. Cálculo del factor cemento

Se calculo el contenido de cemento por metro cubico de concreto, este dato lo obtenemos al dividir el agua de diseño calculada en el apartado 4 y la relación agua- cemento.

$$C = \frac{Agua_d}{a/c}$$

$$C = 369.37 \text{ kg/m}^3$$

Se ha dividido la cantidad de una bolsa de cemento obtenemos el factor cemento.

$$\text{Factor cemento} = 8.69 \text{ bls/m}^3$$

## 7. Cálculo de volumen de agregados

Primero se determinó la relación b/bo con la ayuda de la tabla N° 29, teniendo en cuenta el TMN y el módulo de fineza del árido fino.

TMN del Agregado grueso		Módulo de Finura del Agregado Fino			
		2.4	2.6	2.8	3
3/8"	9.5 mm	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5 mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19 mm	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	25 mm	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	50 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75 mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

*Tabla N°29. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.*

*Fuente: [19]*

$$b/bo = 0.612$$

Para encontrar la cantidad de árido grueso se calculó de la siguiente forma:

$$PSag = b/bo * PUCSag$$

$$PSag = 0.612 * 1537$$

$$PSag = 940.64 \text{ kg/m}^3$$

Como segundo paso para la obtención del volumen de agregado fino por metro cubico de concreto, se realiza una sumatoria, dado que todos estos deben tener una sumatoria de iguala a 1.

$$C = 369.37/3140 = 0.118 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 205/1000 = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 2/100 = 0.020 \text{ m}^3$$

$$\text{AG} = 940.64/2668 = 0.352 \text{ m}^3$$

$$\text{AF} = 1 - (0.118 + 0.205 + 0.020 + 0.352) = 0.305 \text{ m}^3$$

$$\text{PSaf} = 0.305 * 2469 = 753.04 \text{ kg/m}^3$$

#### 8. Condiciones secas

$$C = 369.37 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Af} = 753.04 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AG} = 940.64 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ lt/m}^3$$

#### 9. Corrección por humedad de los agregados

✓ Cálculo del PHaf :

$$PH_{af} = PS_{af} \times (1 + \%H_{af})$$

$$\text{PHaf} = 762.60 \text{ kg/m}^3$$

✓ Cálculo del PHag :

$$PH_{ag} = PS_{ag} \times (1 + \%H_{ag})$$

$$\text{PHag} = 944.21 \text{ kg/m}^3$$

#### 10. Cálculo de agua efectiva

Primero se debe calcular los aportes de humedad que tienen los áridos en el concreto.

✓ Cálculo del APaf :

$$AP_{af} = PS_{af} \times (\%H_{af} - \%A_{af})$$

$$AP_{af} = -0.376 \text{ lt/m}^3$$

✓ Cálculo del APag :

$$AP_{ag} = PS_{ag} \times (\%H_{ag} - \%A_{ag})$$

$$AP_{ag} = -2.727 \text{ lt/m}^3$$

✓ Aporte de humedad total :

$$AP_t = -0.376 + (-2.727) = -3.103 \text{ lt/m}^3$$

En segundo lugar, se debe calcular el agua efectiva, con los datos de agua de diseño y el aporte de agua a causa de los áridos.

$$Agua_{efec.} = Agua_{dis.} \pm AP_t$$

$$Agua_{efec.} = 208.10 \text{ lt/m}^3$$

#### 11. Condiciones húmedas

$$C = 369.37 \text{ kg/m}^3$$

$$A_f = 762.60 \text{ kg/m}^3$$

$$A_G = 944.21 \text{ kg/m}^3$$

$$Agua = 208.10 \text{ lt/m}^3$$

#### 12. Dosificación en peso

Cemento: A. Fino: A. Grueso / Agua

$$\frac{369.37}{369.37} : \frac{762.60}{369.37} : \frac{944.21}{369.37} / \frac{208.10}{8.69}$$

$$1 : 2.06 : 2.56 / 23.94 \text{ lt/bls}$$

Al momento de ejecutar el ensayo de asentamiento, el slump que se encontró no era al valor de diseño es por eso que se tuvo que hacer un reajuste en el que por cada pulgada que faltase se agregó 5 litros de agua.

#### 13. Dosificación en peso con reajuste de Slump

1: 1.92: 2.39 / 23.91 lt/bls

Una vez ya obtenido todos los insumos empleados para elaborar el concreto patrón , se procedió hacer los reemplazos propuestos en esta investigación, el cual consiste en agregar residuo de ladrillo en polvo en 3 y 5%, junto con las nanoplaquetas de grafeno en 0.05% y 0.1%, haciendo una mezcla conjugada con estos valores, obteniendo 4 tipos de concretos experimentales, cabe mencionar que para hacer estos reemplazos es vital tener como datos los pesos específicos de ambos materiales, ya que se agregaran en relación con el peso específico del cemento.

Posteriormente, se detalla un cuadro resumen con las cantidades de todos los materiales empleados.

<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>Patrón</b>	<b>0.05%NG +3%RL</b>	<b>0.05%NG +5%RL</b>	<b>0.1%NG+ 3%RL</b>	<b>0.1%NG +5%RL</b>
<b>MATERIALES</b>					
Cemento	387	377.3	370.6	377.1	370.4
A.fino	743	743	743	743	743
A.grueso	924	924	924	924	924
Agua	24	24	24	24	24
RL		9.94	16.56	9.94	16.56
NG		0.19	0.19	0.39	0.39

*Tabla N°30. Insumos empleados para elaborar un metro cubico, para muestra patrón y experimental.*

*Fuente: Propia*

## Resultados de ensayos para el concreto fresco

### Ensayo de Asentamiento

El propósito de este ensayo es determinar el trabajo que tiene el concreto en su estado fresco, como se sabe este va afectar directamente a la trabajabilidad y resistencia del mismo. Además, este dato (Slump) va permitir calcular la cantidad de agua necesaria que le falta o le sobra para encajar en el rango con el que fue diseñado en concreto, dándonos así una adecuada consistencia.

Como se muestra en la tabla de manera general podemos decir que el concreto patrón si alcanzo el Slump de diseño, pero para las muestras experimentales se nota una disminución, esto se debe por las muestras adicionadas en función del peso de cemento.

La disminución de los asentamientos en los concretos experimentales se ve relacionado con la absorción que presentan los agregados, a mayor sea este dato estos absorberán agua de la mezcla, disminuyendo así su trabajabilidad. [22]

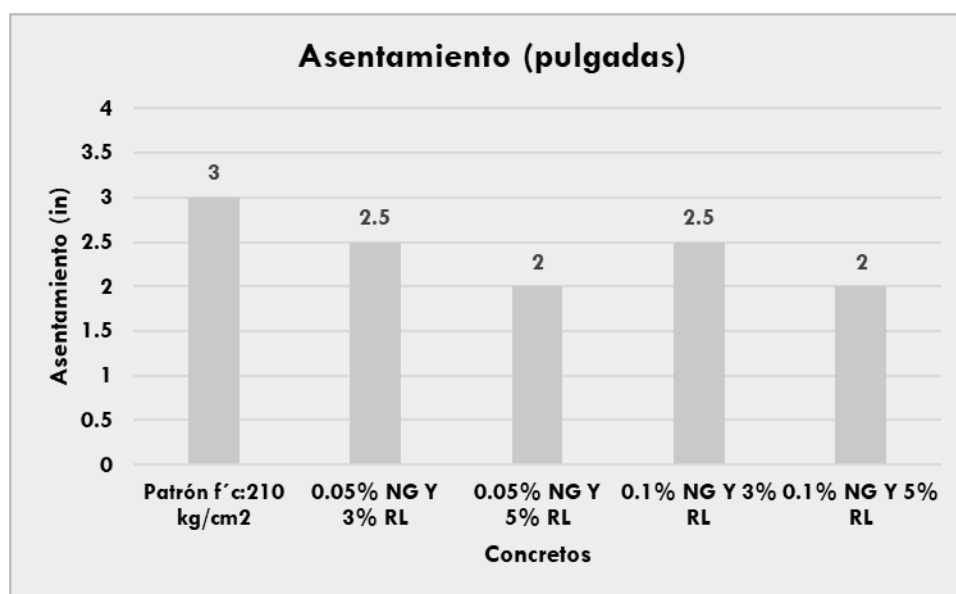
A continuación, en la Tabla N° 31, se muestra los asentamientos obtenidos tanto para la muestra patrón, como para las 4 muestras experimentales.

*Tabla N°31. Slump obtenido (pulgadas).*

<b>TIPO DE CONCRETO</b>	<b>SLUMP OBTENIDO (PULGADAS)</b>
Patrón f'c:210 kg/cm <sup>2</sup>	3
0.05% NG Y 3% RL	2.5
0.05% NG Y 5% RL	2
0.1% NG Y 3% RL	2.5
0.1% NG Y 5% RL	2

*Fuente: Elaboración Propia*

Figura N°26. Asentamiento para concreto patrón y experimental.



Fuente: Elaboración Propia

### Ensayo de Contenido de Aire

Se calcula la cantidad de aire atrapado que posee en el concreto en su estado fresco. Como se sabe si este dato es muy bajo el concreto es propenso a agrietarse, mientras si presenta un valor elevado es propenso al desgaste. Según menciona ACI 211 para un TMN de  $\frac{3}{4}$ " el concreto debe tener un contenido de aire del 2% y para la NTP 339.080 establece que este dato por lo general se encuentra entre el 1% a 3% del volumen de la mezcla. Este ensayo se determinó de acuerdo a los lineamientos de la norma ASTM C 231. El medidor que fue utilizado es de Tipo B, se realizó tanto para el concreto patrón como experimental.

Se detalla en la tabla los resultados obtenidos, tanto para el concreto patrón como el experimental.

*Tabla N°32. Asentamiento para concreto patrón y experimental.*

TIPO DE CONCRETO	CONTENIDO DE AIRE TEÓRICO	CONTENIDO DE AIRE IN SITU
Patrón f'c:210 kg/cm <sup>2</sup>	2.00%	1.50%
0.05% NG Y 3% RL	2.00%	1.45%
0.05% NG Y 5% RL	2.00%	1.40%
0.1% NG Y 3% RL	2.00%	1.45%
0.1% NG Y 5% RL	2.00%	1.40%

*Fuente: Elaboración Propia*

Se observa en variación del 0.05% entre en concreto patrón y las muestras 0.05%NG y 3% RL, 0.1%NG y 3%RL, mientras que de 0.1% para las muestras 0.05%NG y 5%RL y 0.1%NG y 5%RL, todas se encuentran dentro del rango propuesta tanto para diseño (2%) como por normativa del 1% al 3%.

### **Ensayo de Peso Unitario de Concreto**

Los lineamientos fueron acorde a normativa, se detectó que el peso unitario promedio de 2 muestras representativas tanto para el concreto patrón como experimental. Por ende, el rendimiento del concreto dividiendo el peso unitario teórico obtenido en el diseño de mezclas, con el peso unitario obtenido en laboratorio, esto se procedió a encontrar para cada uno de los diseños de mezclas. Posteriormente, se muestran las comparativas de los resultados entre el concreto patrón y el experimental.

#### Concreto patrón y experimental 0.05% Nanoplaquetas de Grafeno y 3% de Residuo de ladrillo

Los resultados se muestran en las tablas N°33 y N° 34, en las cuales se nota que el concreto patrón es mayor en su peso unitario en 23.62 kg/m<sup>3</sup> con respecto al del concreto experimental. Adicional a ello con respecto al rendimiento, el del concreto experimental es menor al del concreto patrón en 0.005 lo cual este dato puede representar que el concreto experimental sea más económico que el patrón, esto se verificara con el análisis de costo para cada uno de los concretos

*Tabla N°33. Resultado de peso unitario para concreto patrón  $f'c:210 \text{ Kg/cm}^2$ .*

CONCRETO PATRÓN $f'c:210 \text{ Kg/cm}^2$						
N°	PESO CONCRETO + MOLDE(Kg)	PESO MOLDE (Kg)	VOL. DE MOLDE ( $\text{m}^3$ )	PESO UNITARIO TEÓRICO ( $\text{Kg/m}^3$ )	PESO UNITARIO REAL ( $\text{Kg/m}^3$ )	RENDIMIENTO
1	23.024	7.3	0.0069	2284	2278.84058	1.002
2	23.056	7.4	0.0069	2284	2268.985507	1.007
				2284	2273.913043	1.004

*Fuente: Elaboración Propia*

*Tabla N°34. Resultado de peso unitario para concreto experimental 0.05%NG +3%RL.*

CONCRETO EXPERIMENTAL 0.05%NG + 3%RL						
N°	PESO CONCRETO + MOLDE(Kg)	PESO MOLDE (Kg)	VOL. DE MOLDE ( $\text{m}^3$ )	PESO UNITARIO TEÓRICO ( $\text{Kg/m}^3$ )	PESO UNITARIO REAL ( $\text{Kg/m}^3$ )	RENDIMIENTO
1	22.766	7.1	0.0069	2272	2270.434783	1.001
2	22.788	7.4	0.0069	2272	2230.144928	1.019
				2272	2250.289855	1.010

*Fuente: Elaboración Propia*

Concreto patrón y experimental 0.05% Nanoplaquetas de Grafeno y 5% de Residuo de ladrillo

Las tablas N°35 y N°36, en las cuales se nota que el concreto patrón es mayor en su peso unitario en  $39.13 \text{ kg/m}^3$  con respecto al del concreto experimental. Adicional a ello con respecto al rendimiento, el del concreto experimental es menor al del concreto patrón en 0.012 lo cual este dato puede representar que el concreto experimental sea más económico que el patrón, esto se verificara con el análisis de costo para cada uno de los concretos.

*Tabla N°35. Resultado de peso unitario para concreto patrón  $f'c:210 \text{ Kg/cm}^2$ .*

CONCRETO PATRÓN $f'c:210 \text{ Kg/cm}^2$						
N°	PESO CONCRETO + MOLDE(Kg)	PESO MOLDE (Kg)	VOL. DE MOLDE ( $\text{m}^3$ )	PESO UNITARIO TEÓRICO ( $\text{Kg/m}^3$ )	PESO UNITARIO REAL ( $\text{Kg/m}^3$ )	RENDIMIENTO
1	23.024	7.3	0.0069	2284	2278.84058	1.002
2	23.056	7.4	0.0069	2284	2268.985507	1.007
				2284	2273.913043	1.004

*Fuente: Elaboración Propia*

*Tabla N°36. Resultado de peso unitario para concreto experimental 0.05%NG +5%RL.*

CONCRETO EXPERIMENTAL 0.05%NG + 5%RL						
N°	PESO CONCRETO + MOLDE(Kg)	PESO MOLDE (Kg)	VOL. DE MOLDE (m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO TEÓRICO (Kg/m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO REAL (Kg/m <sup>3</sup> )	RENDIMIENTO
1	20.24	5.4	0.0069	2272	2150.724638	1.056
2	21.2	5.2	0.0069	2272	2318.84058	0.980
				2272	2234.782609	1.017

*Fuente: Elaboración Propia*

Concreto patrón y experimental 0.1% Nanoplaquetas de Grafeno y 3% de Residuo de ladrillo

Las tablas N°37 y N° 38, en las cuales se nota que el concreto patrón es mayor en su peso unitario en 25.79 kg/m<sup>3</sup> con respecto al del concreto experimental. Adicional a ello con respecto al rendimiento, el del concreto experimental es menor al del concreto patrón en 0.006 lo cual este dato puede representar que el concreto experimental sea más económico que el patrón, esto se verificara con el análisis de costo para cada uno de los concretos.

*Tabla N°37. Resultado de peso unitario para concreto patrón f'c:210 Kg/cm<sup>2</sup>.*

CONCRETO PATRÓN f'c:210 Kg/cm <sup>2</sup>						
N°	PESO CONCRETO + MOLDE(Kg)	PESO MOLDE (Kg)	VOL. DE MOLDE (m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO TEÓRICO (Kg/m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO REAL (Kg/m <sup>3</sup> )	RENDIMIENTO
1	23.024	7.3	0.0069	2284	2278.84058	1.002
2	23.056	7.4	0.0069	2284	2268.985507	1.007
				2284	2273.913043	1.004

*Fuente: Elaboración Propia*

*Tabla N°38. Resultado de peso unitario para concreto experimental 0.1%NG +3%RL.*

CONCRETO EXPERIMENTAL 0.1%NG + 3%RL						
N°	PESO CONCRETO + MOLDE(Kg)	PESO MOLDE (Kg)	VOL. DE MOLDE (m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO TEÓRICO (Kg/m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO REAL (Kg/m <sup>3</sup> )	RENDIMIENTO
1	22.768	7.4	0.0069	2272	2227.246377	1.020
2	22.756	7.1	0.0069	2272	2268.985507	1.001
				2272	2248.115942	1.011

*Fuente: Elaboración Propia*

Concreto patrón y experimental 0.1% Nanoplaquetas de Grafeno y 5% de Residuo de ladrillo

Las tablas N°39 y N° 40, en las cuales se nota que el concreto patrón es mayor en su peso unitario en 42.0289 kg/m<sup>3</sup> con respecto al del concreto experimental. Adicional a ello con respecto al rendimiento, el del concreto experimental es menor al del concreto patrón en 0.014 lo cual este dato puede representar que el concreto experimental sea más económico que el patrón, esto se verificara con el análisis de costo para cada uno de los concretos.

*Tabla N°39. Resultado de peso unitario para concreto patrón f'c:210 Kg/cm<sup>2</sup>.*

CONCRETO PATRÓN f'c:210 Kg/cm <sup>2</sup>						
N°	PESO CONCRETO + MOLDE(Kg)	PESO MOLDE (Kg)	VOL. DE MOLDE (m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO TEÓRICO (Kg/m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO REAL (Kg/m <sup>3</sup> )	RENDIMIENTO
1	23.024	7.3	0.0069	2284	2278.84058	1.002
2	23.056	7.4	0.0069	2284	2268.985507	1.007
				2284	2273.913043	1.004

*Fuente: Elaboración Propia*

*Tabla N°40. Resultado de peso unitario para concreto experimental 0.1%NG +5%RL*

CONCRETO EXPERIMENTAL 0.1%NG + 5%RL						
N°	PESO CONCRETO + MOLDE(Kg)	PESO MOLDE (Kg)	VOL. DE MOLDE (m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO TEÓRICO (Kg/m <sup>3</sup> )	PESO UNITARIO REAL (Kg/m <sup>3</sup> )	RENDIMIENTO
1	21.45	6.6	0.0069	2272	2152.173913	1.056
2	22.65	6.7	0.0069	2272	2311.594203	0.983
				2272	2231.884058	1.018

*Fuente: Elaboración Propia*

## Resultados de ensayos para el concreto en estado endurecido

### Resistencia a la compresión

#### Concreto patrón y experimental 0.05% Nanoplaquetas de Grafeno y 3% de Residuo de ladrillo

En este ensayo, ya obtenidos los resultados se demuestra que la mayor resistencia es la del concreto patrón. Las tablas N°41 y N° 42 el concreto patrón a los 28 días lo supera 66.09 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el concreto experimental 0.05%NG y 3% RL. El concreto experimental no supera la resistencia de diseño establecida en el diseño de mezclas.

*Tabla N°41. Valores de resistencia a la compresión  $f'_c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>-Patrón.*

<b>Resistencia a la compresión <math>f'_c</math>: 210 Kg/cm<sup>2</sup> - Patrón</b>				
<b>N°</b>	<b>Días</b>	<b><math>f'_c</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% <math>f'_c_d</math></b>	<b><math>f'_c</math></b>
P <sub>1</sub>	7	168.1	80%	163.93
P <sub>2</sub>	7	159.75	76%	
P <sub>3</sub>	14	217.14	103%	214.2
P <sub>4</sub>	14	211.26	101%	
P <sub>5</sub>	28	243.18	116%	245.91
P <sub>6</sub>	28	248.64	118%	
P <sub>7</sub>	56	249.9	119%	252
P <sub>8</sub>	56	254.1	121%	

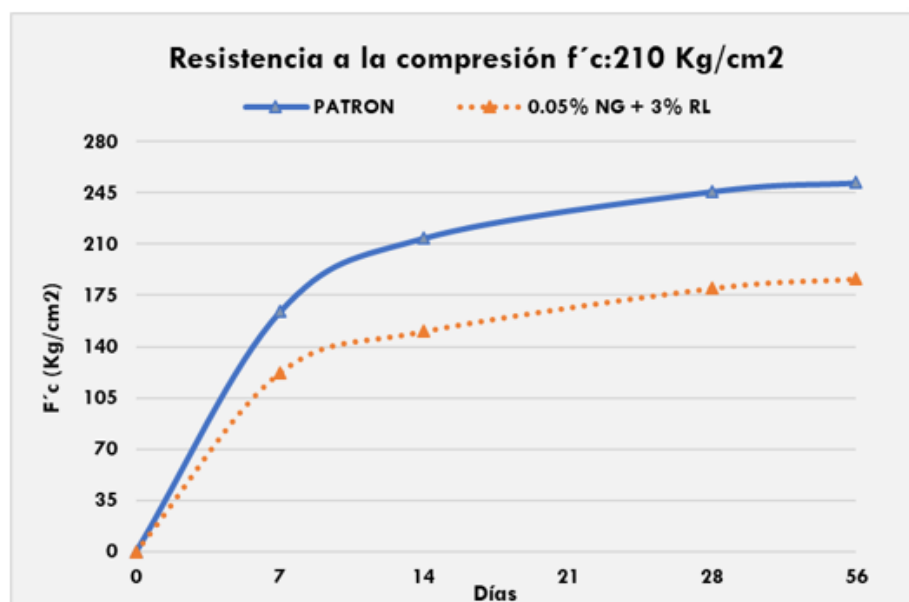
*Tabla N°42. Valores de resistencia a la compresión  $f'_c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>- 0.05% NG Y 3% RL.*

<b>Resistencia a la compresión <math>f'_c</math>: 210 Kg/cm<sup>2</sup> - 0.05% NG Y 3%RL</b>				
<b>N°</b>	<b>Días</b>	<b><math>f'_c</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% <math>f'_c_d</math></b>	<b><math>f'_c</math></b>
P <sub>1</sub>	7	118.86	57%	122.23
P <sub>2</sub>	7	125.6	60%	
P <sub>3</sub>	14	155.82	74%	150.50
P <sub>4</sub>	14	145.17	69%	
P <sub>5</sub>	28	181.03	86%	179.82
P <sub>6</sub>	28	178.61	85%	
P <sub>7</sub>	56	184.38	88%	186.22
P <sub>8</sub>	56	188.06	90%	

A continuación, se presenta una gráfica comparativa entre las curvas de  $f'_c$  para cada uno de los

concretos.

*Figura N°27. Curva comparativa entre concreto patrón y experimental (0.05%NG y 3%RL).*



Concreto patrón y experimental 0.05% Nanoplaquetas de Grafeno y 5% de Residuo de ladrillo

Los resultados en este ensayo se demuestran que la mayor resistencia es la del concreto patrón. En las tablas N°43 y N° 44 el concreto patrón a los 28 días lo supera 16.91 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el concreto experimental 0.05%NG y 5% RL. El concreto experimental si logra superar la resistencia de diseño, más no supera a las del concreto patrón.

*Tabla N°43. Valores de resistencia a la compresión f'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup>-Patrón.*

<b>Resistencia a la compresión f'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> - Patrón</b>				
N°	Días	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	% f'c <sub>d</sub>	f'c
P <sub>1</sub>	7	168.1	80%	163.93
P <sub>2</sub>	7	159.75	76%	
P <sub>3</sub>	14	217.14	103%	214.2
P <sub>4</sub>	14	211.26	101%	
P <sub>5</sub>	28	243.18	116%	245.91
P <sub>6</sub>	28	248.64	118%	
P <sub>7</sub>	56	249.9	119%	252
P <sub>8</sub>	56	254.1	121%	

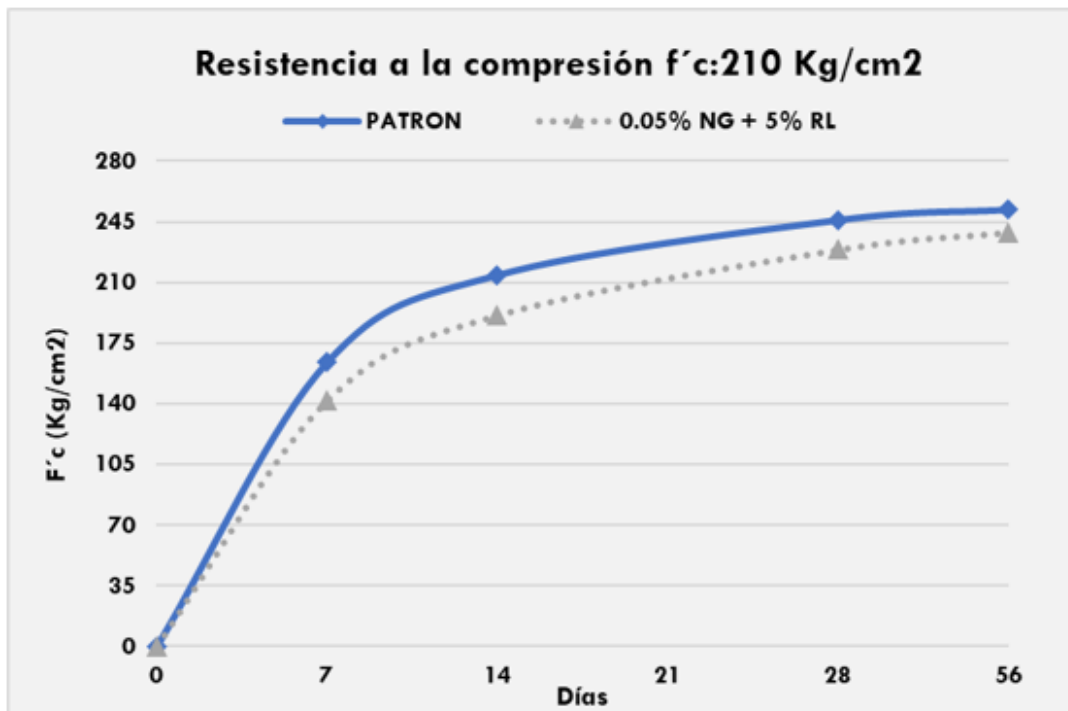
*Tabla N°44. Valores de resistencia a la compresión f'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup>- 0.05% NG Y 5% RL.*

**Resistencia a la compresión  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup> - 0.05% NG Y 5%RL**

Nº	Días	$f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	% $f'c_d$	$f'c$
P <sub>1</sub>	7	136.27	65%	141.81
P <sub>2</sub>	7	147.34	70%	
P <sub>3</sub>	14	187.74	89%	191.10
P <sub>4</sub>	14	194.46	93%	
P <sub>5</sub>	28	231.62	110%	228.95
P <sub>6</sub>	28	226.28	108%	
P <sub>7</sub>	56	235.79	112%	239.02
P <sub>8</sub>	56	242.25	115%	

A continuación, se presenta una gráfica comparativa entre las curvas de  $f'c$  para cada uno de los concretos.

*Figura N°28. Curva comparativa entre concreto patrón y experimental (0.05%NG y 5%RL).*



Concreto patrón y experimental 0.1% Nanoplaquetas de Grafeno y 3% de Residuo de ladrillo

En este ensayo, da a conocer la resistencia del concreto patrón. En las tablas N°45 y N°46 el concreto patrón a los 28 días lo supera 44.31 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el concreto experimental 0.1%NG y 3% RL. El concreto experimental no supera dicha resistencia.

*Tabla N°45. Valores de resistencia a la compresión  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>-Patrón.*

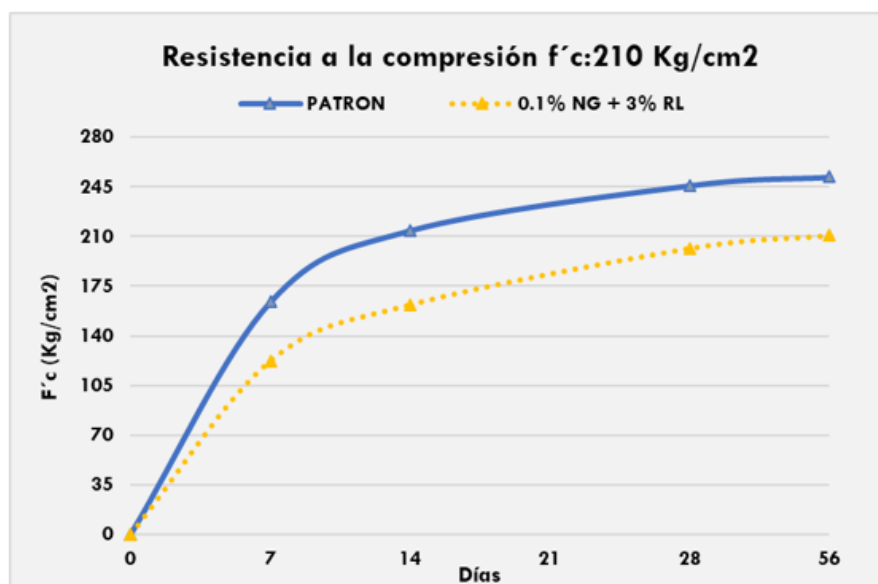
<b>Resistencia a la compresión <math>f'c</math>: 210 Kg/cm<sup>2</sup> - Patrón</b>				
<b>N°</b>	<b>Días</b>	<b><math>f'c</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% <math>f'c_d</math></b>	<b><math>f'c</math></b>
P <sub>1</sub>	7	168.1	80%	163.93
P <sub>2</sub>	7	159.75	76%	
P <sub>3</sub>	14	217.14	103%	214.2
P <sub>4</sub>	14	211.26	101%	
P <sub>5</sub>	28	243.18	116%	245.91
P <sub>6</sub>	28	248.64	118%	
P <sub>7</sub>	56	249.9	119%	252
P <sub>8</sub>	56	254.1	121%	

*Tabla N°46. Valores de resistencia a la compresión  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>- 0.1% NG Y 3% RL.*

<b>Resistencia a la compresión <math>f'c</math>: 210 Kg/cm<sup>2</sup> - 0.1% NG Y 3%RL</b>				
<b>N°</b>	<b>Días</b>	<b><math>f'c</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% <math>f'c_d</math></b>	<b><math>f'c</math></b>
P <sub>1</sub>	7	124.71	59%	122.66
P <sub>2</sub>	7	120.61	57%	
P <sub>3</sub>	14	159.18	76%	157.605
P <sub>4</sub>	14	156.03	74%	
P <sub>5</sub>	28	199.5	95%	201.6
P <sub>6</sub>	28	203.7	97%	
P <sub>7</sub>	56	214.83	102%	210.735
P <sub>8</sub>	56	206.64	98%	

A continuación, se presenta una gráfica comparativa entre las curvas de  $f'c$  para cada uno de los concretos.

Figura N°29. Curva comparativa entre concreto patrón y experimental (0.1%NG y 3%RL).



#### Concreto patrón y experimental 0.1% Nanoplaquetas de Grafeno y 5% de Residuo de ladrillo

Los resultados en este ensayo se demuestran que la mayor resistencia es la del concreto patrón. Las tablas N°47 y N°48 el concreto patrón a los 28 días lo supera 32.94 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con el concreto experimental 0.1%NG y 5% RL. El concreto experimental si logra superar la resistencia de diseño, más no supera a las del concreto patrón.

Tabla N°47. Valores de resistencia a la compresión  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>-Patrón.

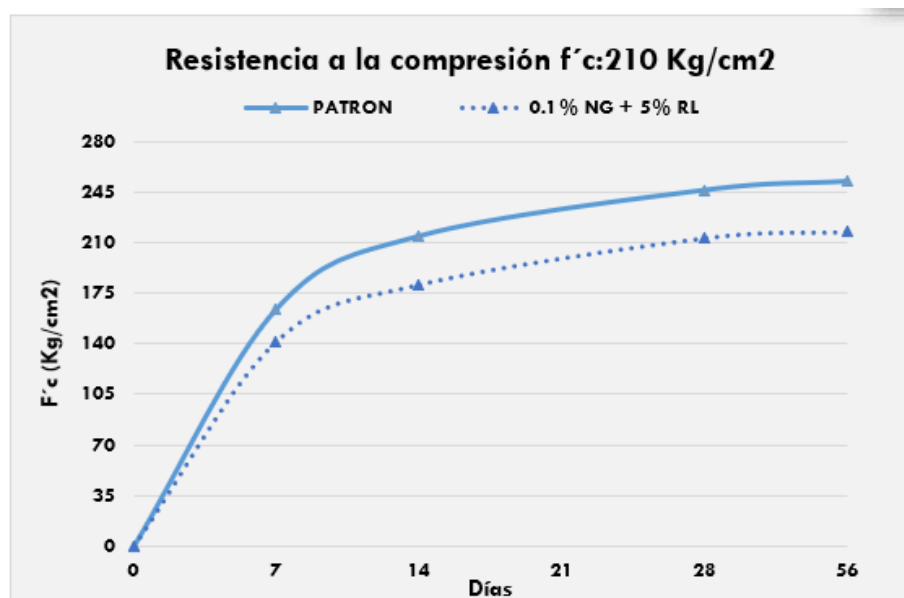
Resistencia a la compresión $f'c$ : 210 Kg/cm <sup>2</sup> - Patrón				
N°	Días	$f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	% $f'c_d$	$f'c$
P <sub>1</sub>	7	168.1	80%	163.93
P <sub>2</sub>	7	159.75	76%	
P <sub>3</sub>	14	217.14	103%	214.2
P <sub>4</sub>	14	211.26	101%	
P <sub>5</sub>	28	243.18	116%	245.91
P <sub>6</sub>	28	248.64	118%	
P <sub>7</sub>	56	249.9	119%	252
P <sub>8</sub>	56	254.1	121%	

Tabla N°48. Valores de resistencia a la compresión  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>- 0.1% NG Y 5% RL.

Resistencia a la compresión $f'c$ : 210 Kg/cm <sup>2</sup> - 0.1% NG Y 5% RL				
N°	Días	$f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	% $f'c_d$	$f'c$
P <sub>1</sub>	7	136.86	65%	141.71
P <sub>2</sub>	7	146.56	70%	
P <sub>3</sub>	14	178.87	85%	180.85
P <sub>4</sub>	14	182.83	87%	
P <sub>5</sub>	28	214.2	102%	212.965
P <sub>6</sub>	28	211.73	101%	
P <sub>7</sub>	56	218.4	104%	217.35
P <sub>8</sub>	56	216.3	103%	

A continuación, se presenta una gráfica comparativa entre las curvas de  $f'c$  para cada uno de los concretos.

Figura N°30. Curva comparativa entre concreto patrón y experimental (0.1%NG y 5%RL).



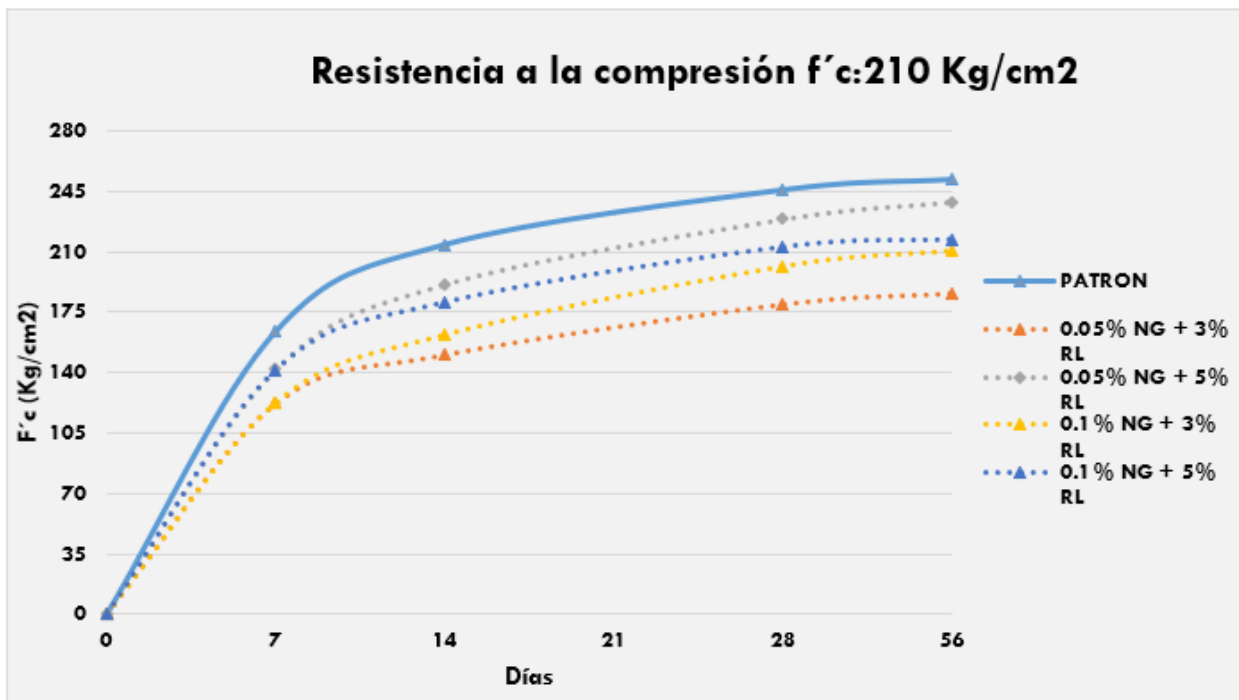
La resistencia de las probetas elaboradas para el concreto patrón con  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>, a continuación, se muestra las tablas con el resumen de los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los 7, 14, 28 y 56 días.

Tabla N°49. Valores de resistencia a la compresión  $f'_c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

Resistencia a la Compresión $f'_c$ :210 Kg/cm <sup>2</sup>					
Tiempo (días)	Concreto patrón $f'_c$ :210kg/cm <sup>2</sup>	0.05% NG + 3% RL	0.05% NG + 5% RL	0.1% NG + 3% RL	0.1% NG + 5% RL
0	0	0	0	0	0
7	163.9	122.2	141.8	122.4	141.7
14	214.2	150.5	191.1	161.9	180.8
28	245.9	179.8	229.0	201.6	213.0
56	252.0	186.2	239.0	210.7	217.4

Se muestra la gráfica donde resumen todas las curvas entre el concreto patrón y las muestras experimentales.

Figura N°31. Curva de  $f'_c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>.



## Resistencia a la Tracción

El concreto patrón cuyo  $f'c:210 \text{ Kg/cm}^2$ , donde se elaboraron probetas, a continuación, se muestra una tabla con el resumen de los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los 7 y 28 días.

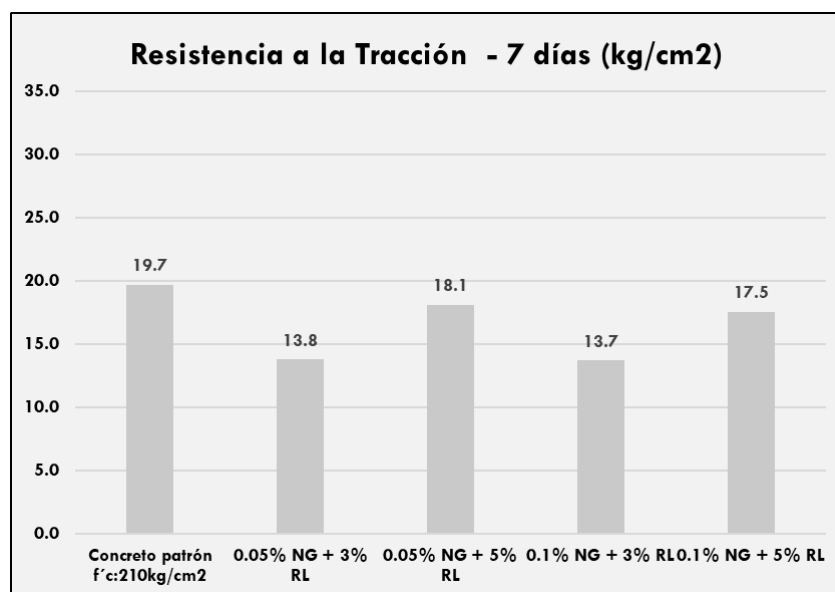
*Tabla N°50. Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la tracción.*

Resistencia a la Tracción $f'c:210 \text{ Kg/cm}^2$					
Tiempo (días)	Concreto patrón $f'c:210\text{kg/cm}^2$	0.05% NG + 3% RL	0.05% NG + 5% RL	0.1% NG + 3% RL	0.1% NG + 5% RL
7	19.7	13.8	18.1	13.7	17.5
28	34.4	28.5	33.6	28.8	26.2

*Fuente: Elaboración Propia*

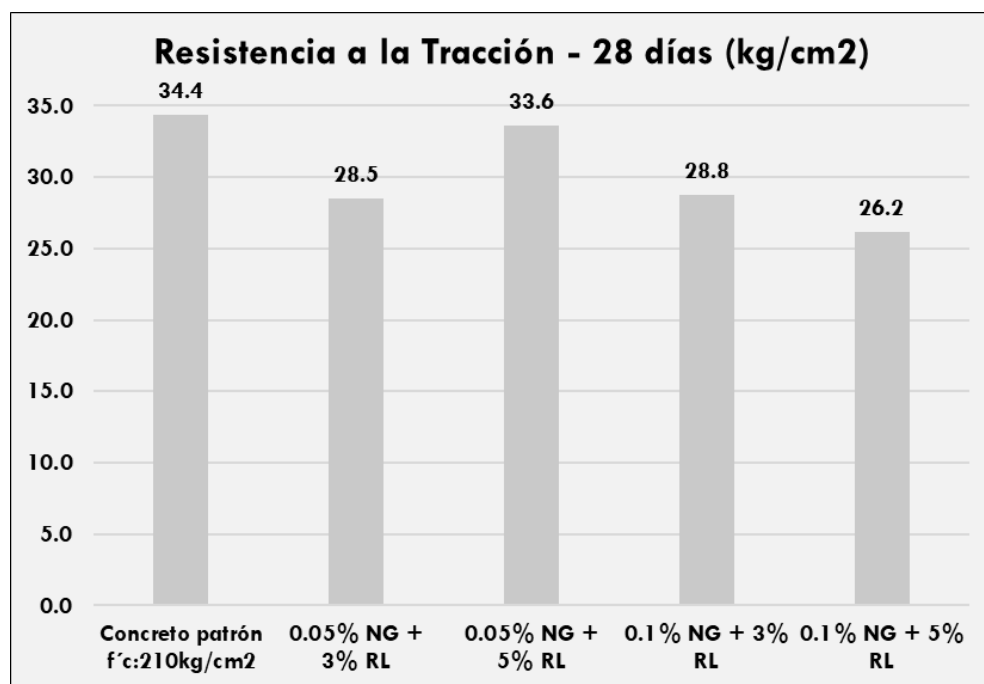
También se realizó una comparación gráfica de los resultados obtenidos tanto del concreto patrón como del concreto experimental.

*Figura N°32. Comparación de resultados del ensayo de resistencia a la tracción a los 7 días, entre concreto patrón y concreto experimental.*



*Fuente: Elaboración Propia*

*Figura N°33. Comparación de resultados del ensayo de resistencia a la tracción a los 28 días, entre concreto patrón y concreto experimental.*



*Fuente: Elaboración Propia*

Se observar en la figura N°34, la resistencia a la tracción del concreto patrón se ve alcanzada por la muestra experimental (0.05%NG +5% RL), teniendo una variación del 2.33%, siendo la más cercana a comparación de las otras 3 muestras experimentales.

### **Módulo de Elasticidad**

Para concreto de peso normal la siguiente relación:

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c} \text{ (Kgcm}^2\text{)}$$

Se obtuvieron los resultados en laboratorio y con fórmula propuesta por E-0.60, se realizó el siguiente cuadro:

*Tabla N°51. Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la compresión*

<b>MÓDULO DE ELASTICIDAD</b>				
<b>CONCRETO</b>	<b>f'c</b>	<b>Ec (NORMA)</b>	<b>unidad</b>	<b>Ec ( RESULTADOS)</b>
PATRÓN	245.9	235217.984	Kg/cm <sup>2</sup>	234153.751
0.05% NG + 3%RL	179.8	201134.2835	Kg/cm <sup>2</sup>	194452.314
0.05% NG + 5%RL	229	226991.1893	Kg/cm <sup>2</sup>	223564.213
0.1% NG + 3%RL	201.6	212978.8722	Kg/cm <sup>2</sup>	217289.828
0.1% NG + 5%RL	213	218917.7928	Kg/cm <sup>2</sup>	215236.852

Se pudo corroborar que los valores obtenidos tanto experimentalmente en laboratorio y con lo que dispone la norma E-0.60, acerca de la elasticidad del concreto para testigos de 6'x12', son valores cercanos, lo cual indicaría que para todos los reemplazos si cumple para esta propiedad del concreto.

## **Discusión**

### **Influencia en el orden de mezclado del concreto con las mezclas adicionadas como reemplazo del cemento**

Es importante mencionar esta parte debido a que en esta investigación se está trabajando con nanoplaquetas de grafeno, en algunos antecedentes hacen mención del uso de un dispersor ultrasónico para un mayor acoplamiento en el concreto, pero acá se tomó como un insumo más y como se aplicaría en campo, directamente al trompo mezclador, es por ellos que este material se mezclaba primero con el residuo de ladrillo en polvo para luego combinarlo con el cemento, una vez ya obtenido esta mezcla compuesta se vaciaba directamente al trompo. A continuación, se detalla el orden de vaciado:

- ✓ Agua (en pequeña proporción para humedecer los agregados)
- ✓ Agregados.
- ✓ Agua.
- ✓ Cemento + Nanoplaquetas de Grafeno + Residuo de Ladrillo.
- ✓ Agua

## **Influencia de los porcentajes de reemplazo de nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo**

En el concreto de por sí ya lleva cambios desde que se procede a realizar el mezclado. Para un mejor entendimiento de los cambios influyentes se analizará para cada una de las propiedades estudiadas en esta investigación.

### **Relación con el Ensayo de Asentamiento**

Como se muestra en los resultados de slump el concreto patrón se encuentra dentro del rango de asentamiento de 3-4 pulgadas con el cual se determinó el diseño de mezclas, mientras que para los concretos experimentales se denota una disminución de 0.5 pulgadas para los reemplazos de 0.05% NG (Nanoplaquetas de grafeno) más 3% RL (Residuo de ladrillo), 0.1% NG más 3% RL y de 1 pulgada para 0.05% NG más 5% RL, 0.1% NG más 5% RL. Se puede deducir que a medida que se aumenta el porcentaje de reemplazo para el residuo de ladrillo disminuía el slump. Con esto podemos determinar que los concretos tienen una buena trabajabilidad ya que cuentan con un asentamiento el cual se encuentra dentro del rango plástico.

Esta reducción de Slump se justifica más por el material de residuos de ladrillo en polvo al ser un material puzolánico, juntamente con las nanoplaquetas de grafeno al tener un bajo valor de peso específico, en [3], se demostró que mientras más se le agregase al concreto esta propiedad del concreto se veía afectada negativamente.

### **Relación con el Ensayo de Contenido de Aire**

De acuerdo a los resultados del ensayo se puede observar que los concretos patrones tienen un contenido de aire atrapado dentro de los parámetros ya que es menor a 2%. Para este ensayo se determinó de acuerdo a los lineamientos a normativa. El medidor que fue utilizado es de Tipo B, se realizó tanto para el concreto patrón como experimental.

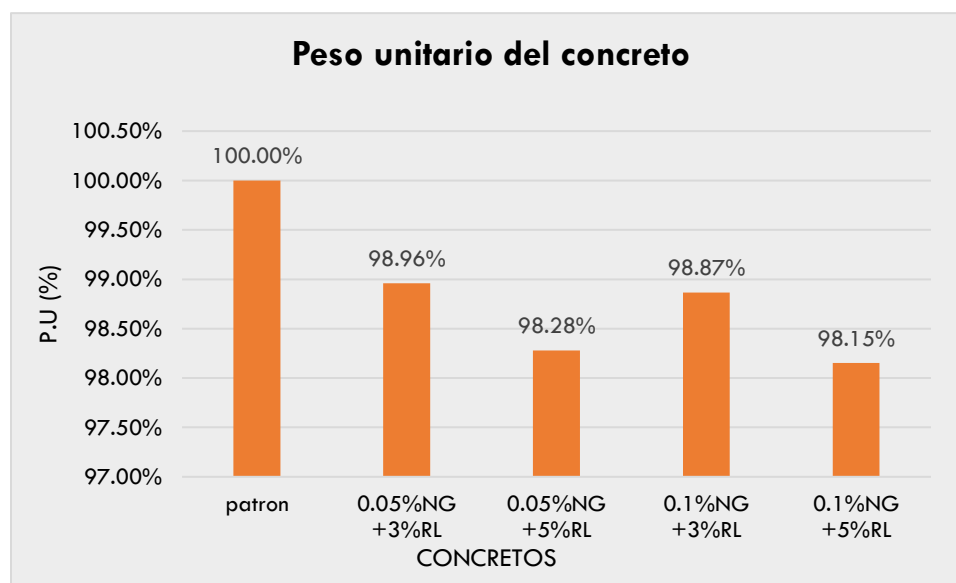
Esta propiedad del concreto se ve relacionada con la cantidad de partículas finas que posee el concreto [23]

## Relación con el Ensayo de Peso Unitario de Concreto

Se realizó acorde a los lineamientos por normativa, donde se encontró el peso unitario promedio de 2 muestras representativas tanto para el concreto patrón como experimental. Además, se obtuvo el rendimiento del concreto dividiendo el peso unitario teórico obtenido en el diseño de mezclas, con el peso unitario obtenido en laboratorio, esto se procedió a encontrar para cada uno de los diseños de mezclas.

De los resultados expresados por este ensayo se llega a que los pesos unitarios se ven reducidos en los concretos experimentales en comparación con el patrón, esto es debido por la gravedad específica que poseen los materiales que fueron reemplazados parcialmente en función del peso de cemento, por ejemplo, para el residuo de ladrillo en polvo su gravedad específica resulto de 2685 kg/m<sup>3</sup> mientras que comparándola con la del cemento 3140 kg/m<sup>3</sup>, esta resulta menor.

*Figura N°34. Comparación de los pesos unitarios encontrados, entre concreto patrón y concreto experimental.*



### **Relación con el Resistencia a la compresión**

Como se puede denotar en las tablas y gráficos de los resultados, la resistencia a la compresión que alcanzo la muestra patrón (la que no contiene nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo) alcanza valores por encima de su  $f_c$  de diseño (210 Kg/cm<sup>2</sup>), tal como se esperaba, pues se encontraba diseñada con un factor de seguridad reflejado en el  $f_{cr}$ .

En cuanto a las muestras experimentales, de manera general ninguna llega a sobrepasar los valores expresados en la curva patrón, sin embargo, la muestra de concreto (0.05% NG + 5%RL) y la de (0.1%NG+5%RL), si alcanza a cumplir con los valores de diseño, teniendo una variación de disminución del 5.15% Y 13.75% con respecto a la muestra patrón a los 56 días.

Con los valores obtenidos, se puede extraer el indicador que, a mayor porcentaje de residuo de ladrillo, pero manteniendo el 0.05% y 0.1% de nanoplaquetas de grafeno se tiene mejores resultados a diferencia de las otras dos muestras.

### **Relación con el Resistencia a la tracción**

Si bien se sabe que el concreto no asume los mayores esfuerzos en tracción, pero si fue importante verificar esta propiedad, gracias a ello como se muestra en el capítulo anterior en los resultados de resistencia a la tracción se logra verificar que el concreto experimental (0.05% NG + 5%RL) varia negativamente en 2.31% con respecto a la muestra patrón.

### **Relación con el Ensayo de módulo de elasticidad**

Como se muestra en la tabla de resultados en el capítulo anterior se puede verificar que para el concreto patrón el valor obtenido a través del ensayo en magnitud se aproxima al calculado por normativa, en cambio para los experimentales los que tienen mejor comportamiento son las muestras que poseen 0.1% de reemplazo de nanoplaquetas de grafeno, esto se puede corroborar con el antecedente que trabaja con nanotubos de grafeno, el cual resalta la aproximación de esta propiedad a las del concreto patrón.

## Análisis costo- beneficio del concreto

El análisis para el costo unitario del concreto, tuvo como base la valoración del costo de producción del residuo de ladrillo en polvo que fue reemplazado parcialmente por cemento, ya que para las nanoplaquetas de grafeno no hubo inconveniente con la obtención de su costo, es por ello que se tomó los siguientes procesos, para luego realizar análisis de costo para la elaboración de concreto.

Como primer paso se tuvo que cuantizar el costo para la selección manual de estos residuos en la misma ladrillera, para el análisis de costo se tuvo en cuenta solo la mano de obra y el desgaste de herramientas, a continuación, se describe.

*Tabla N°52. Análisis de costo unitario por selección manual de Residuos de la empresa Cerámicos Lambayeque S.A.C*

Partida	SELECCIÓN MANUAL DEL RESIDUO DE LADRILLO						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m3			27.46
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON	hh	2.0000	1.3333	18.68	24.91	
0101030008	CONTROLADOR	hh	0.1000	0.0667	26.23	1.75	
						<b>26.66</b>	
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	26.66	0.80	
						<b>0.80</b>	

Una vez que los residuos fueron seleccionados, se analizó el costo de traslado desde la ladrillera hasta el lugar donde serán triturados hasta convertirlos en partículas muy finas.

*Tabla N°53. Análisis de costo unitario para traslado de los residuos al lugar de la molienda.*

Partida	TRANSPORTE DE RESIDUO DE LADRILLO						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : m3			37.01
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0101030008	CONTROLADOR	hh	0.1000	0.0027	26.23	0.07	
						<b>0.07</b>	
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.07		
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	5.0000	0.1333	235.00	31.33	
0301520001	VOLQUETE 8 m3	hm	1.0000	0.0267	210.00	5.61	
						<b>36.94</b>	

Como tercer paso, se tuvo en cuenta el costo que generaría para moler estos residuos con la ayuda de la máquina de los ángeles – 8 bolas.

*Tabla N°54. Análisis de costo unitario para molienda del residuo de ladrillo*

Partida	MOLIENDA DEL RESIDUO DE LADRILLO				Costo unitario directo por : m3		110.71	
Rendimiento	m3/DIA	MO. 14.0000	EQ. 14.0000					
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON			hh	2.0000	1.1429	18.68	21.35
0101030008	CONTROLADOR			hh	0.1000	0.0571	26.23	1.50
								<b>22.85</b>
		<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		3.0000	22.85	0.69
0301010048	MAQUINA DE LOS ANGELES - 8 BOLAS			hm	2.0000	1.1429	76.27	87.17
								<b>87.86</b>

Y por último se tuvo en consideración el costo para el tamizado de la muestra proveniente de la molienda.

*Tabla N55. Análisis de costo unitario para tamizado por vía húmeda*

Partida	TAMIZADO VIA HUMEDA				Costo unitario directo por : m3		234.56	
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1.5000	EQ. 1.5000					
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON			hh	2.0000	10.6667	18.68	199.25
0101030008	CONTROLADOR			hh	0.1000	0.5333	26.23	13.99
								<b>213.24</b>
		<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	213.24	10.66
0301100007	TAMICES, BROCHAS Y RESTO DE MATERIALES			%mo		5.0000	213.24	10.66
								<b>21.32</b>

*Tabla N°56. Análisis de costo unitario secado en horno*

Partida	SECADO EN HORNO				Costo unitario directo por : m3		619.64	
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1.5000	EQ. 1.5000					
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON			hh	2.0000	10.6667	18.68	199.25
0101030008	CONTROLADOR			hh	0.1000	0.5333	26.23	13.99
								<b>213.24</b>
		<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		3.0000	213.24	6.40
0301060007	HORNO DE SECADO AL VACIO DE 100 °C			hm	5.0000	26.6667	15.00	400.00
								<b>406.40</b>

De los análisis de costos unitarios realizados, se concluye que producir un metro cúbico de residuo de ladrillo cuesta S/. 1029.38 (Mil veintinueve con 38/100 soles). Es decir que 1 Kg de Residuo de ladrillo cuesta S/. 0.38 (38/100 soles). Ya con la obtención de ese dato y con el precio conocido de las Nanoplaquetas de Grafeno se procedió a elaborar los análisis de costos unitarios para todos los concretos. Se muestran a continuación:





*Tabla N°61. Análisis de costo unitario para un concreto experimental f'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.1%NG + 5%RL*

Partida	01.01.05 CONCRETO ESTRUCTURAL f'c:210 Kg/cm <sup>2</sup> , EXPERIMENTAL 0.1% NG + 5% RL						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 22.0000	EQ. 22.0000	Costo unitario directo por : m3			410.82
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.7273	26.23	19.08	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.7273	20.64	15.01	
0101010005	PEON	hh	8.0000	2.9091	18.68	54.34	
							<b>88.43</b>
<b>Materiales</b>							
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.3460	68.00	23.53	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.2920	50.21	14.66	
0222250001	NANOPLAQUETAS DE GRAFENO	kg		0.3874	116.38	45.09	
0222250002	RESIDUOS DE LADRILLO EN POLVO	kg		16.5628	0.38	6.29	
0295010001	AGUA	m3		0.2180	9.00	1.96	
0296010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		8.7000	24.81	215.85	
							<b>307.38</b>
<b>Equipos</b>							
0301500001	DESGASTE DE HERRAMIENTAS	%mo		3.0000	88.43	2.65	
0301540001	MEZCLADORA 11p3	hm	1.0000	0.3636	18.00	6.54	
0301540002	VIBRADOR 4 HP	hm	1.0000	0.3636	16.00	5.82	
							<b>15.01</b>

En resumen, se tiene el siguiente cuadro donde se denota un aumento de costos en el concreto experimental con respecto al patrón.

*Tabla N°62. Resumen de los Análisis de costo unitario para los concretos.*

COSTO DEL CONCRETO	
CONCRETO	costo por m3
PATRÓN	369.36
0.05% NG + 3%RL	390.32
0.05% NG + 5%RL	388.27
0.1% NG + 3%RL	413.29
0.1% NG + 5%RL	410.82

De la tabla N°62 se muestra que todos los concretos experimentales superan en costo comparada con la muestra patrón, pero se es que se ve el enfoque ambiental, con muestra de 0.05% de Nanoplaquetas de grafeno y 5% de Residuos de ladrillo se estaría ahorrando 16.4 kg de cemento por cada metro cúbico de concreto, lo que representa una reducción de contaminantes en la fabricación de este insumo y una medida de reutilizar residuos provenientes del sector construcción juntamente con las nanoplacas de grafeno mejorando algunas de las principales características del concreto.

Pero en cuestión de costos esta muestra estaría por encima en 18.91 soles, lo que representa un 5.15% más caro que el concreto patrón.

La muestra experimental que va en segundo lugar de acuerdo a sus propiedades analizadas (0.1% Nanoplaquetas de grafeno y 5% de Residuo de Ladrillo), se vería una reducción de 16.6 kg de cemento por cada metro cúbico de concreto, pero si se vería un aumento en relación con su costo, siendo de 41.46 soles por encima del costo patrón.

En las muestras donde la aplicación de nanoplaquetas de grafeno fueron de 0.1% su costo si excede en 11.97%, por lo que este material todavía no es muy conocido, es por ello el mayor costo que presenta.

## **Conclusiones**

Al evaluar la resistencia para el concreto patrón y los concretos con reemplazos parciales, se remarca que a edades tempranas (7 días) la resistencia resultantes son menores a la de la muestra patrón, pero a los 28 días se denota que en el concreto con 0.05% de nanoplaquetas de grafeno más 5% de residuos de ladrillo logra superar el  $f'_c$  de diseño mas no a la muestra de control, esta muestra experimental se encuentra a un 6.9% de alcanzar a la muestra patrón a los 28 días mientras que a los 56 días se encuentra a 5.15%, el resto de muestras se encuentran por debajo de los valores de diseño. Con respecto a la resistencia a la tracción esta se ve disminuida en un 2.32% comparada con la muestra patrón.

Se puede concluir que el reemplazo optimo resaltante en la resistencia a la compresión, es el que alcanza en valor estimado de la muestra patrón en la resistencia a la tracción ensayada a los 28 días, teniendo una variación del 2.33%.

De acuerdo a los principales antecedentes se pudo demostrar que los porcentajes óptimos de reemplazo parcial de cemento para las nanoplaquetas de grafeno fueron de 0.05% y 0.1%, mientras que para el residuo de ladrillo en polvo fue de 3% y 5%, haciéndose una combinación conjugada para su análisis global con respecto a sus propiedades en estado fresco y endurecido del concreto.

Una de las acciones primordiales que se tuvo en cuenta al momento del vaciado fue de mezclar el residuo de ladrillo en polvo con las nanoplaquetas de grafeno para luego ser aplicadas al trompo

mezclador, esto para no generar posibles brumos de los materiales y exista una mejor dispersión de ellos.

Para la trabajabilidad del concreto, se concluye que a medida aumente la cantidad de residuos de ladrillo esta se verá disminuida con el Slump, haciendo que la muestra sea menos fluida y trabajable puesta en obra. Esto se ve reflejado en el peso unitario del concreto, en las muestras experimentales dieron valores menores a la del concreto patrón.

Con respecto al peso unitario del concreto se puede concluir que todas las muestras experimentales fueron menores a las del concreto patrón, esto debido a la inclusión de las muestras en reemplazo de cemento, esto guarda relación directa con los pesos específicos, siendo menores los de las muestras en comparación con la del cemento.

Para el diseño patrón  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>, la resistencia obtenida fue de 245.9 210 Kg/cm<sup>2</sup>, lo cual significa el 117.09% con respecto a la de diseño, se utilizó método comité ACI 211, los agregados fueron obtenidas de canteras propias al departamento de Lambayeque, cemento Tipo, debido a que para el planteamiento inicial no se requirió para características especiales y fue de uso general.

Se logró realizar los diseños de mezcla, todos con una resistencia de 210kg/cm<sup>2</sup>, con porcentajes de 0.05% y 0.1% nanoplaquetas de grafeno y 3%, 5% de residuos de ladrillo todo en reemplazo en función del cemento. Para el concreto patrón (0%) se obtuvo una dosificación en peso de 1.00 : 1.92 : 2.39 / 23.91 Lt/bls; en cuanto a los diseños con las adiciones para las nanoplaquetas de grafeno con reemplazo al 0.05% y 0.1% fueron de 0.190 y 0.390 gr. respectivamente por m<sup>3</sup> de concreto, mientras que para el residuo de ladrillo, sus porcentajes de reemplazo fueron 3 y 5%, siendo 9.94 y 16.56 gr., respectivamente por m<sup>3</sup> de concreto.

De la evaluación económica, se concluye que elaborar un kilogramo de residuos de ladrillo en polvo cuesta s/. 0.38, adicionalmente a ello se tiene el elevado costo de las nanoplaquetas de grafeno, pero al ser un material innovador y moderno, su costo se verá disminuido a futuro, finalmente después de realizar los análisis de costos unitarios por metro cúbico de concreto se tiene que el concreto con 0.05% NG más 5% RL es más costoso en un 5.2% que en concreto patrón.

Si se llegase a utilizar esta alternativa (concreto con 0.05% NG más 5% RL), se estaría reduciendo en 16.75 kilos de cemento por metro cubico de concreto, el cual cumple con los parámetros de diseño, pero no pasa los de la muestra patrón.

## Recomendaciones

Se recomienda como porcentajes óptimos la del 0.05% nanoplaquetas de grafeno más 5% de residuos de ladrillo para lograr valores esperados de  $f'c$  de diseño.

Se sugiere fomentar investigaciones con respecto a la durabilidad del concreto con las muestras experimentales que demostraron adquirir las características de diseño.

Se sugiere realizar una evaluación de las alteraciones en las características de la mezcla de concreto, utilizando un método de dispersión antes de añadir las nanoplacas de grafeno hacia la mezcla.

El TMN del agregado grueso es un factor fundamental al considerar que su tamaño no debe ser mayor al espaciamiento de varillas. Además, porque de este dependa la propiedad de heterogeneidad del material.

Para el orden del mezclado se recomienda mezclar los materiales que reemplazaran parcialmente al cemento en un solo deposito, para luego ser incorporado al trompo, evitando así grumos dentro de la mezcla.

Tener en cuenta que el porcentaje de vacíos para todas las muestras de concreto no debe sobrepasar el 2%, todo esto para evitar posibles exposiciones a ataques de agentes nocivos.

Se recomienda utilizar mascarilla a la hora de vaciar los materiales que irán como reemplazo parcial de cemento debido a que son partículas muy finas y a su vez son muy volátiles.

Se recomiendo curar todas las muestras, como ya se sabe este proceso es de vital importancia para que exista una correcta hidratación de las partículas de cemento no hidratadas durante el proceso de mezclado

Seguir fomentando este tipo de investigaciones que dan pie a reducir los residuos generados por nuestro sector, así como también el adquiremiento de alternativas de reemplazo a los materiales ya conocidos en el concreto.

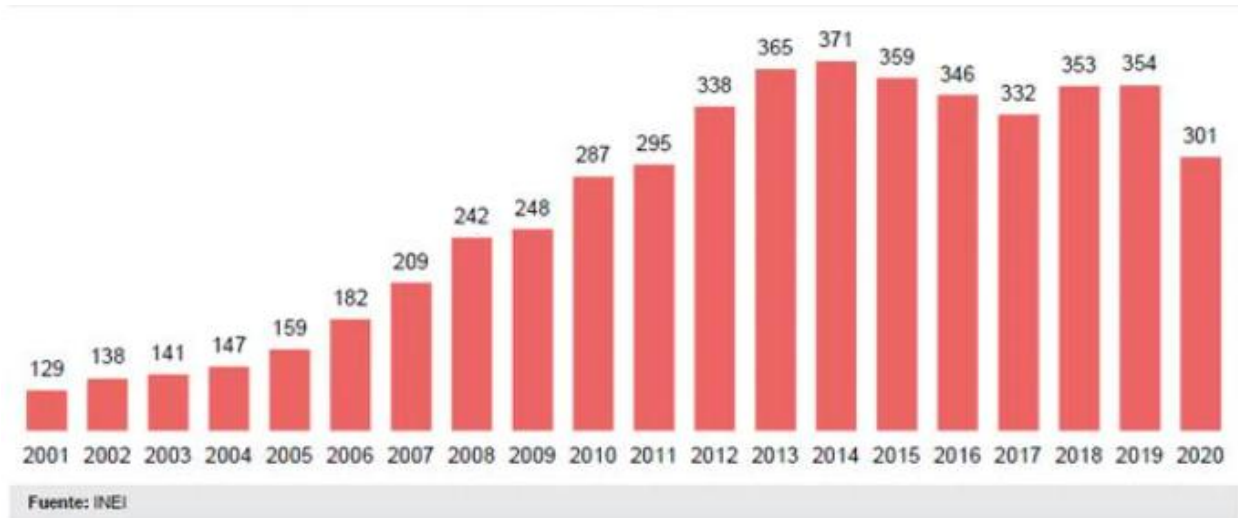
## Referencias Bibliográficas

- [1] «Ministerio de vivienda construcción y Saneamiento,» *Diagnóstico Residuos Sólidos de la construcción en el Perú*, 2018.
- [2] V. Á. Apaza Mango y K. M. Quispe Mamani, «Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono,» Arequipa, 2018.
- [3] E. Benavides, «Elaboración de concreto económico utilizando cascote cerámico como reemplazo parcial del cemento.,» Chiclayo, 2021.
- [4] M. S. Konsta, «Highly dispersed carbon nanotube reinforced cement based materials,» de *Cement and concrete Research*, Elsevier, 2022, pp. 1052-1059.
- [5] N. Heyner, «Resistencia en concreto con cemento sustituido al 4%, 6% y 8% por arcilla activada de yacya-huari,» Chimbote, 2018.
- [6] P. V. C. Chicaiza, «Uso de residuos cerámicos como sustituto del cemento para fabricación de morteros,» *Ciencia*, vol. 20, n° 1, pp. 35-44, 2018.
- [7] F. Abando Castillo, *Tecnología del concreto*, Lima, 2013.
- [8] E. Pasquel Carbajal, *Tópicos de Tecnología del Concreto*, Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, 1998.
- [9] «AGREGADOS,» *Agregados para concreto. Requisitos, NTP 400.037*, 2018.
- [10] «AGREGADOS,» *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, NTP 400.022*, 2013.
- [11] «AGREGADOS,» *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados, NTP 400.017*, 2011.
- [12] «Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total,» *NTP 339.185*, 2013.

- [13] «Método de diseño de mezclas del comité ACI 211,» *Instituto Americano del Concreto*, 2001.
- [14] «Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland.,» *Requisitos, NTP 339.088*, 2014.
- [15] I. P. Otega, *Posibilidades del grafeno en la arquitectura*, Madrid, 1018.
- [16] F. Soria Santamaría, «Las puzolanas y el ahorro energético en los,» *Materiales de Construcción*, vol. 33, pp. 190-191, 1963.
- [17] I. Sánchez de Rojas, «Sostenibilidad en construcción a través de los materiales,» 2014.
- [18] «Cementos portland,» *Requisitos, NTP 334.009*, 2013.
- [19] ««Método de diseño de mezclas del comité ACI 211,» Instituto Americano del Concreto, 2001.».
- [20] S. Kosmatka, B. Kerkhoff y W. Panarese, *Diseño y Control de Mezclas de Concreto.*, EE.UU: Portland Cement Association, 2004.
- [21] E. Rivva López, *Diseño de mezclas "Tecnología del Concreto"*, Lima- Perú.
- [22] P. Alaejos Gutierrez y M. Fernandez Canovas, «High-Performance Concrete: Requirements for Constituent Materials and Mix Proportioning,» *Materials Journal*, vol. 93, n° 3, pp. 233-241, 1996.
- [23] A. Neville y J. j. Brooks, *Concrete Technology*, 2nd edición, 2010.

## Anexos

### Anexo N°1. Problemática actual



*Anexo N°1.1 Consumo Per Cápita de cemento en el Perú.*

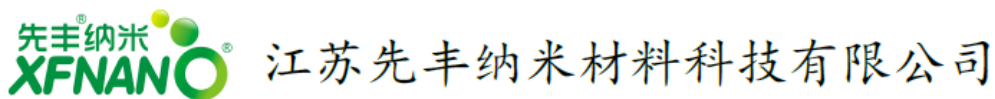
*Fuente: INEI-2020*



*Anexo N°1.2 Residuos de ladrillo por mal proceso de cocción.*

*Fuente: Ladrillera Master.*

Anexo N°2. Ficha técnica de las nanoplaquetas del grafeno.



**XFQ024-薄层石墨烯纳米片**

**XFQ024-Thin Layer Graphene Nanoplates**

1 技术参数 (Properties)

名称	Product name	薄层石墨烯纳米片 Thin Layer Graphene Nanoplates
碳含量	Carbon content	>99 at% (EDS)
灰分	Ash content	<1wt%
片径	Lateral size	1-2 $\mu\text{m}$ (HRTEM)
厚度	Thickness	1-6 nm (HRTEM)
电导率	Conductivity	800-1100 S/cm
含水率	Moisture content	<2 wt%
D50 粒度	Grain size	~56.17 $\mu\text{m}$
振实密度	Tap density	0.10-0.15 $\text{g}/\text{cm}^3$
松装密度	Apparent density	0.06-0.09 $\text{g}/\text{cm}^3$
外观	Appearance	黑灰色粉末 Black gray powder

注：以上为单次测量数据，不同批次粉末测试结果有所浮动。

Note: The above is a single measurement data, the test results of different batches of powder fluctuated.

*Anexo N°3. Autorización para la adquisición de residuos de ladrillos*



“CERÁMICOS LAMBAYEQUE S.A.C.”

**AUTORIZACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE  
RESIDUOS DE LADRILLO**

Chiclayo, 28 de junio del 2022.

Quien suscribe:

**Boris I. Coisffman Miranda**  
JEFE DE VENTAS  
**CERÁMICOS LAMBAYEQUE SAC**

**AUTORIZA:** Permiso para el recojo de los residuos de ladrillo que brindará la fábrica cerámicos Lambayeque S.A.C, para el proyecto de investigación, denominado **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ESTRUCTURAL ELABORADOS CON NANOTUBOS DE GRAFENO Y RESIDUOS DE LADRILLO, COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO”**.

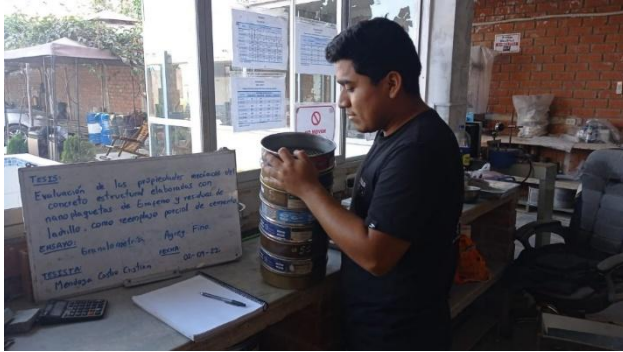
Por el presente, el que suscribe **Boris I. Coisffman Miranda**, jefe de ventas en cerámicos Lambayeque S.A.C, autorizando al alumno Cristian Mendoza Castro, identificado con DNI: 75068518, código: 172TD74385, de la Escuela profesional de INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo y autor del proyecto **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ESTRUCTURAL ELABORADOS CON NANOTUBOS DE GRAFENO Y RESIDUOS DE LADRILLO, COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO”**, para que pueda recoger aproximadamente 0.1 Ton. De residuos de ladrillo que se encuentran en la fábrica cerámicos Lambayeque S.A.C.

Cerámicos Lambayeque S.A.C.  
...Perfección de ladrillos

Boris Ivan Coisffman Miranda  
JEFE DE VENTAS  
Cel. 947361863

**Boris I. Coisffman Miranda.**  
DNI: 10410549.  
JEFE DE VENTAS  
**CERÁMICOS LAMBAYEQUE S.A.C.**

## Anexo N°4. Ensayos para el agregado fino y grueso



**Anexo 4.1:** Granulometría del agregado fino.



**Anexo 4.2:** Granulometría del agregado grueso



**Anexo 4.3:** Cuarteo del agregado fino.



**Anexo 4.4:** Cuarteo del agregado grueso.



**Anexo 4.5:** Peso Unitario Suelto húmedo – A.F.



**Anexo 4.6:** Peso Unitario Suelto húmedo - chuseado.



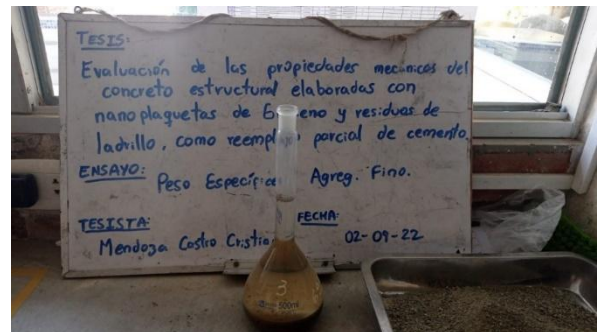
**Anexo 4.7:** Peso Unitario Suelto húmedo- enrasado.



**Anexo 4.8:** Cono de Absorción.



**Anexo 4.9:** Peso específico del agregado fino.



**Anexo 4.10:** Peso específico – muestra después de 24 horas.



**Anexo 4.11:** Peso específico del agregado grueso-condición saturada superficialmente seca.



**Anexo 4.12:** Peso específico del agregado grueso-condición saturada superficialmente seca.

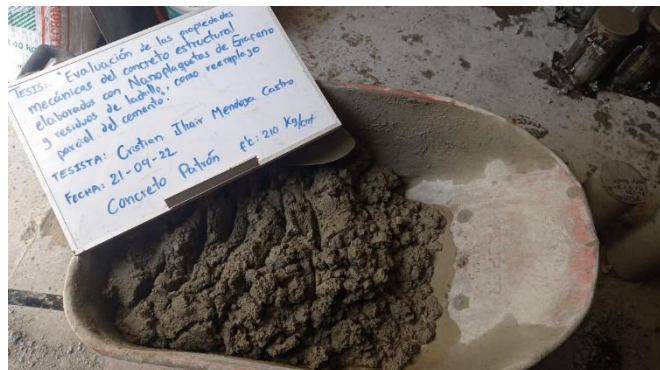


**Anexo 4.13:** Peso específico del agregado grueso-agregado sumergido en la canastilla.



**Anexo 4.14:** Contenido de humedad y absorción del agregado fino y grueso.

## Anexo N°5. Elaboración de los testigos



**Anexo 5.1:** Concreto patrón  $f'c: 210 \text{ Kg/cm}^2$ .



**Anexo 5.2:** Moldeado de concreto patrón  $f'c: 210$



**Anexo 5.3:** Moldeado de concreto experimental.



**Anexo 5.4:** Desmoldeo de testigos de concreto experimental.



**Anexo 5.5:** Marcado de probetas

*Anexo N°6. Ensayo de Asentamiento. Cono de Abrams.*



**Anexo 6.1:** Slump 3" – Concreto Patrón



**Anexo 6.2:** Slump 3" – Concreto Patrón



**Anexo 6.3:** Slump 2" – Concreto Experimental  
0.05%NG + 5% RL



**Anexo 6.4:** Slump 2" – Concreto Experimental  
0.1%NG + 5% RL



**Anexo 6.4:** Slump 2.5" – Concreto Experimental  
0.05%NG + 3% RL



**Anexo 6.4:** Slump 2.5" – Concreto  
Experimental 0.1%NG + 3% RL

*Anexo N°7. Ensayo de Peso Unitario del concreto.*



**Anexo 7.1: Peso unitario de concreto patrón – muestra 1**



**Anexo 7.2: Peso unitario de concreto patrón – muestra 2**



**Anexo 7.3: Peso unitario de concreto experimental 0.05%NG+3%RL**



**Anexo 7.4: Peso unitario de concreto experimental 0.05%NG+3%RL**



**Anexo 7.5: Peso unitario de concreto experimental 0.05%NG+5%RL**



**Anexo 7.6: Peso unitario de concreto experimental 0.01%NG+3%RL**



**Anexo 7.7: Peso unitario de concreto experimental 0.1%NG+3%RL**



**Anexo 7.8: Peso unitario de concreto experimental 0.1%NG+5%RL**

*Anexo N°9. Cargas resultantes para Ensayo de Resistencia a la Compresión.*



**Anexo9.1: Carga de ensayo a los 28 días – muestra Patrón.**



**Anexo9.2: Carga de ensayo a los 28 días – muestra experimental  
0.05%NG+3%RL**



**Anexo9.3: Carga de ensayo a los 28 días – muestra experimental  
0.05%NG+5%RL**



**Anexo9.7: Carga de ensayo a los 28 días – muestra experimental  
0.1%NG+3%RL**

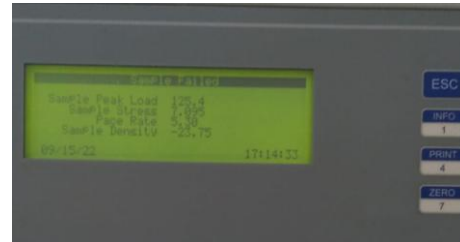


**Anexo9.9: Carga de ensayo a los 28  
días – muestra experimental  
0.1%NG+5%RL**

**Anexo N°10. Cargas resultantes para Ensayo de Resistencia a la Tracción.**



**Anexo9.1: Carga de ensayo a los 28 días – muestra Patrón.**



**Anexo9.3: Carga de ensayo a los 28 días – muestra experimental 0.05%NG+3%RL**



**Anexo9.5: Carga de ensayo a los 28 días – muestra experimental 0.05%NG+5%RL**



**Anexo9.7: Carga de ensayo a los 28 días – muestra experimental 0.1%NG+3%RL**



**Anexo9.9: Carga de ensayo a los  
28 días – muestra experimental  
0.1%NG+5%RL**

*Anexo N°11. Análisis granulométrico del agregado fino.*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



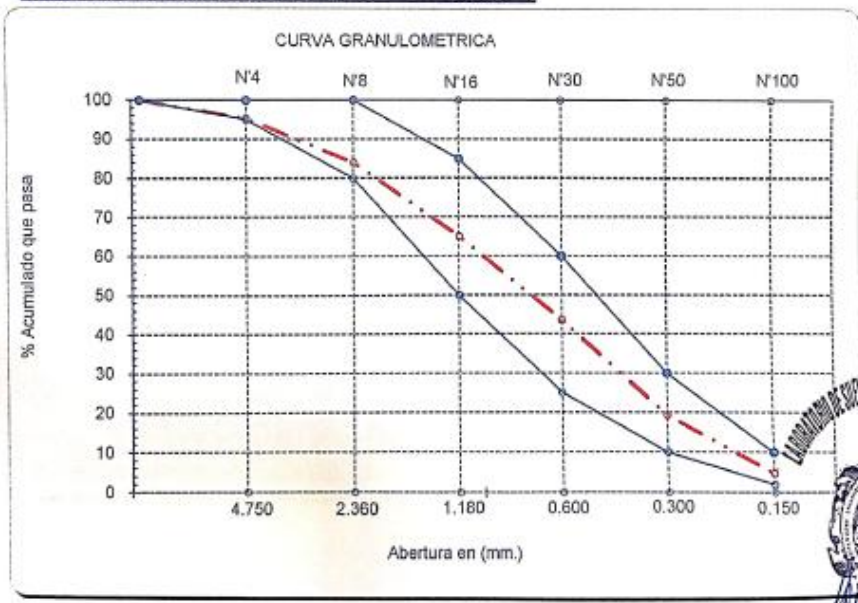
**Tesista** : Mendoza Castro Cristian  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 10 de Setiembre del 2022

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino  
 Referencia : Norma ASTM C-136 A N.T.P. 400.012

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo. **P. Inicial H.** 0.0 **% de Humedad =** -100.00  
**P. Inicial S.** 500.0

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	23.6	4.7	4.7	95.3	95	100
Nº 08	2.360	56.6	11.3	16.0	84.0	80	100
Nº 16	1.180	94.5	18.9	34.9	65.1	50	85
Nº 30	0.600	107.25	21.5	56.4	43.6	25	60
Nº 50	0.300	121.5	24.3	80.7	19.3	10	30
Nº 100	0.150	73.0	14.6	95.3	4.7	2	10
Fondo		23.55	4.7	100.0	0.0		

Módulo de Fineza 2.881  
 Abertura de malla de referencia 9,500



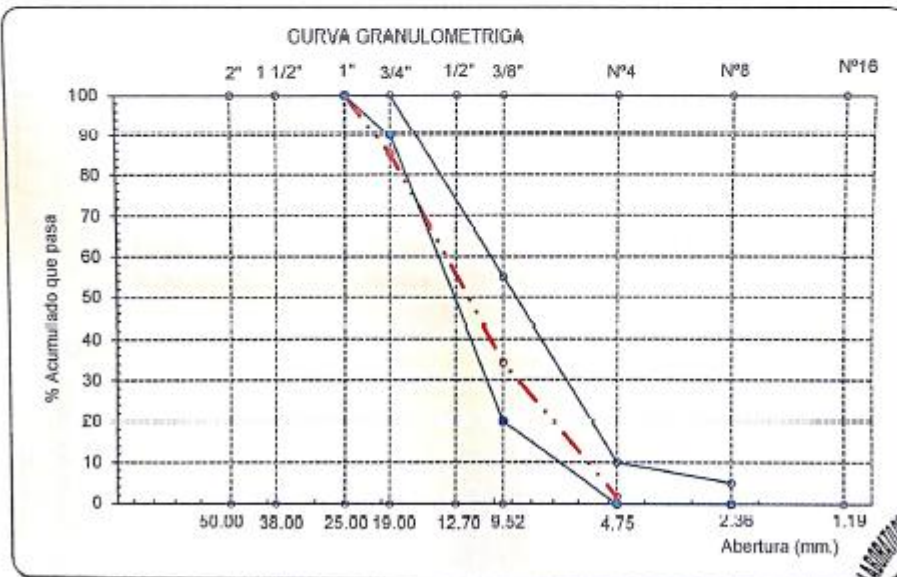
Anexo N°12. Análisis granulométrico del agregado grueso.

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Mendoza Castro Cristian  
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Evaluación de las propiedades del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Setiembre del 2022  
 Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso  
 Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe. P. Inicial H. 0 % de  
 P. Inicial S. 28524 Humedad =

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa	USO 67	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	4212.0	14.8	14.8	85.2	90.0	100.0
1/2"	12.70	0.0	0.0	14.8	85.2		
3/8"	9.52	14523.0	50.9	65.7	34.3	20.0	55.0
Nº 04	4.75	9263.0	32.5	98.2	1.8	0.0	10.0
Nº 08	2.36	526.0	1.8	100.0	0.0	0.0	5.0
Nº 16	1.19	0.0	0.0	100.0	0.0		
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0		
Tamaño Máximo		1"		38.00			
Tamaño Máximo Nominal		3/4"		25.00			



*Anexo N°13. Pesos Unitarios Suelos y Compactados del agregado fino.*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**Asista** : Merluzza Castro Cristiani  
**Escuela** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 10 de Setiembre del 2022

**Ensayo** : Peso unitario del agregado fino  
**Referencia** : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo.

**1.- PESO UNITARIO SUELTO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>14532</b>	<b>14472</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		14532	14472
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00888	0.00888
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1636	1630
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1613</b>	

**2.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>15682</b>	<b>15692</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		15682	15692
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00888	0.00888
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1766	1767
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1744</b>	

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado fino  
**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

**C.- CONTENIDO DE HUMEDAD**

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	<b>1200</b>	<b>1200</b>
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	<b>1185</b>	<b>1185</b>
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.3	1.3
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	<b>1.27</b>	



**Anexo N°14. Pesos Unitarios Suelos y Compactados del agregado grueso.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Mendoza Castro Cristian  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
**Lugar** : DisL. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 10 de Setiembre del 2022

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado fino

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

**Cantera** : Cantera La Victoria-Pátapo.

**I.- Datos.**

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + F	(g)	<b>872.5</b>	<b>872.5</b>
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	692.41	692.41
3.- Peso del Agua	(g)	180.09	180.09
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	488.51	488.51
5.- Peso del Frasco	(g)	<b>192.41</b>	<b>192.41</b>
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	<b>296</b>	<b>296</b>
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	<b>2.469</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	1.563
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.552
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>1.32</b>

**Ensayo** : Peso específico y Absorción del agregado grueso

**Referencia** : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

**Cantera** : Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe.

**I.- Datos.**

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	<b>1353</b>	<b>1353</b>
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	<b>1362</b>	<b>1362</b>
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del ca	(g)	<b>1735</b>	<b>1735</b>
4.- Peso de la canastilla	(g)	<b>880</b>	<b>880</b>
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	855	855

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	<b>2.668</b>
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.685
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.716
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>0.67</b>



**Anexo N°15. Peso Específico y Absorción del agregado fino y grueso.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**Tesista** : Mendoza Castro Cristian  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**IESIS** : Evaluación de las propiedades del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 10 de Setiembre del 2022

**Ensayo** : Peso unitario del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

**Cantera** : Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe.

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>12642</b>	<b>12612</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		12642	12612
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00888	0.00888
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1424	1420
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1417</b>	

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	<b>13692</b>	<b>13702</b>
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		<b>13692.0</b>	<b>13702.0</b>
4.- Constante ó Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.00888	0.00888
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1542	1543
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1537</b>	

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C 535 ó N.T.P. 339.105

**C.- CONTENIDO DE HUMEDAD**

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	<b>1200</b>	<b>1200</b>
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	<b>1196</b>	<b>1195.5</b>
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	<b>0.38</b>	



*Anexo N°16. Peso Específico del residuo de ladrillo.*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Mendoza Castro Cristian  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 10 de Setiembre del 2022

**Ensayo** : Peso específico de residuo de ladrillo

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

Ladrillera : Master

**I. Datos:**

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + F	(g)	<b>995.1</b>	<b>995.1</b>
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	692.41	692.41
3.- Peso del Agua	(g)	302.09	302.09
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	304.11	304.11
5.- Peso del Frasco	(g)	<b>192.41</b>	<b>192.41</b>
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	<b>112</b>	<b>112</b>
7.- Volumen del frasco	(g)	300	300

**II.- Resultados**

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.685</b>
-----------------------------	----------------------	--------------



*Anexo N°17. Contenido de humedad del agregado fino y grueso.*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Mendoza Castro Cristian  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 10 de Setiembre del 2022

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado fino  
**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	<b>1200</b>	<b>1200</b>
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	<b>1185</b>	<b>1185</b>
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.27	1.27
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	<b>1.27</b>	

**Ensayo** : Contenido de humedad del agregado grueso  
**Referencia** : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	<b>1200</b>	<b>1200</b>
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	<b>1195.5</b>	<b>1195.5</b>
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.4	0.4
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	<b>0.38</b>	

Observaciones :



Anexo N°18. Diseño de mezcla para concreto f'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup>.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Pag 1 de 2

**Tesista** : Mendoza Castro Cristian  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 10 de Setiembre del 2022

DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA ELEMENTOS VERTICALES F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>

**CEMENTO:**

- 1.- Tipo de cemento : Cemento Pórtland para Prefabricados
- 2.- Peso específico : 3140 Kg/m<sup>3</sup>

**AGREGADOS :**

Agregado fino :

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

- 1.- Peso específico de masa 2.469 gr/cm<sup>3</sup>
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. 1.5629 gr/cm<sup>3</sup>
- 3.- Peso unitario suelto 1613 Kg/m<sup>3</sup>
- 4.- Peso unitario compactado 1744 Kg/m<sup>3</sup>
- 5.- % de absorción 1.32 %
- 6.- Contenido de humedad 1.27 %
- 7.- Módulo de finéz 2.881

Agregado grueso :

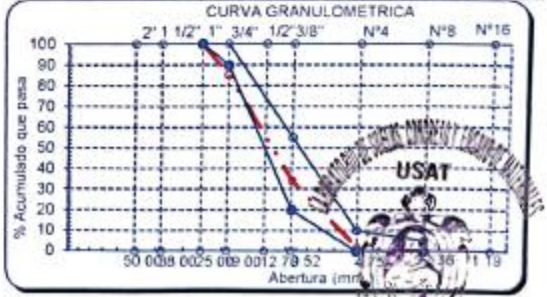
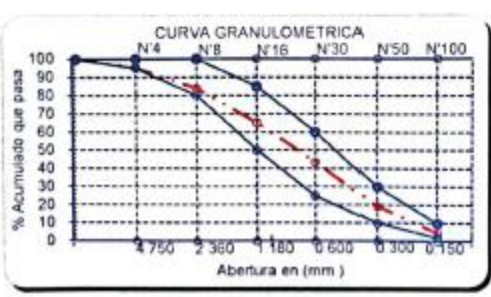
Cantera : Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe.

- 1.- Peso específico de masa 2.668 gr/cm<sup>3</sup>
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.685 gr/cm<sup>3</sup>
- 3.- Peso unitario suelto 1417 Kg/m<sup>3</sup>
- 4.- Peso unitario compactado 1537 Kg/m<sup>3</sup>
- 5.- % de absorción 0.67 %
- 6.- Contenido de humedad 0.38 %
- 7.- Tamaño máximo 1" Pulg.
- 8.- Tamaño máximo nominal 3/4" Pulg.

**Granulometría :**

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	4.7	95.3
Nº 08	11.3	84.0
Nº 16	18.9	65.1
Nº 30	21.5	43.6
Nº 50	24.3	19.3
Nº 100	14.6	4.7
Fondo	4.7	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	14.8	85.2
1/2"	0.0	85.2
3/8"	50.9	34.3
Nº 04	32.5	1.8
Nº 08	1.8	0.0
Nº16	0.0	0.0
Fondo	0.0	0.0



*Anexo N°19. Diseño de mezcla para concreto  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>.*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Pag. 2 de 2

Expediente N° : Mendoza Castro Cristian  
 Peticionario : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Obra : Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Setiembre del 2022

**DISEÑO DE MEZCLA FINAL PARA  
ELEMENTOS VERTICALES**

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3 Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2362 Kg/m <sup>3</sup>
Resistencia promedio a los 7 días	:	164 Kg/cm <sup>2</sup>
Porcentaje promedio a los 7 días	:	78 %
Factor cemento por M <sup>3</sup> de concreto	:	9.1 bolsas/m <sup>3</sup>
Relación agua cemento de diseño	:	0.555

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	387 Kg/m <sup>3</sup>	: Cemento Pórtland para Prefabricados
Agua	218 L	: Agua Potable de la Zona.
Agregado fino	752 Kg/m <sup>3</sup>	: Cantera La Victoria-Pátapo.
Agregado grueso	924 Kg/m <sup>3</sup>	: Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe.

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
Proporción en peso :	1.00	1.94	2.40	23.9	Lts/pe <sup>3</sup>
Proporción en volumen :	1.00	1.81	2.54	23.9	Lts/pe <sup>3</sup>



Anexo N°20. Diseño de mezcla para concreto experimental 0.05% nanoplaquetas de grafeno + 3% de residuo de ladrillo.

**DISEÑO DE MEZCLA**

Tesista : Mendoza Castro Cristian  
 Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EXPERIMENTAL 0.05%NG+ 3%RL (Sin aire incorporado)  
 Referencia : RECOMENDACIÓN ACI 211

Resistencia del Diseño :  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

I.) DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO : Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe.

FINO : Cantera La Victoria-Pátapo.

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

3/4"	-----	pulg.
1417	1613	kg/m <sup>3</sup>
1537	-----	kg/m <sup>3</sup>
2668	2469	kg/m <sup>3</sup>
0.38	1.27	%
0.67	1.32	%
-----	2.881	

II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento
- 19.- Residuo de ladrillo
- 20.- Peso específico del ladrillo
- 21.- Nanoplaquetas de grafeno
- 22.- Peso específico de las NG

85	$f_{cr}$	295	kg/cm <sup>2</sup>
		2	%
	$R^{4/c}$	0.555	
		3	Pulg.
		205	L/m <sup>3</sup>
		0.612	m <sup>3</sup>
		3140	kg/m <sup>3</sup>
		3.0	%
		2685.0	kg/m <sup>3</sup>
		0.05	%
		100.0	kg/m <sup>3</sup>

: Agua Potable de la Zona.

: Cemento Pórtland para Prefabricados

0.0  
1.190

III.) Cálculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a) Cemento	387	Kg/m <sup>3</sup>	0.123	m <sup>3</sup>	
b) Agua	218.04	Lt/m <sup>3</sup>	0.218	m <sup>3</sup>	Corrección por humedad
c) Aire	2	%	0.020	m <sup>3</sup>	
d) Arena	743	Kg/m <sup>3</sup>	0.292	m <sup>3</sup>	752
e) Grava	924	Kg/m <sup>3</sup>	0.346	m <sup>3</sup>	927
	2274		1.000	m <sup>3</sup>	

Agua Efectiva	-0.4
	-2.7
	-3.1

IV.) Resultado final de diseño (húmedo)

a) Cemento	387	Kg/m <sup>3</sup>
b) Agua	218	Lt/bls
c) Arena	743	Kg/m <sup>3</sup>
d) Grava	924	Kg/m <sup>3</sup>
e) RL	9.9377	kg/m <sup>3</sup>
f) NG	0.1937	kg/m <sup>3</sup>
	2272	

V.) Tanda de ensayo 0.0199 m<sup>3</sup>

377.3	7.492	kg
	4.230	Lt
45	14.747	kg
55	18.349	kg
0.00	0.19735	kg
	0.00385	kg
	45.126	kg

$F_{c/m}$	0.016549	m <sup>3</sup>
$R^{4/c}$	8.9	Bolsas
$R^{4/c}$	0.563	Diseño
$R^{4/c}$	0.564	Obra

Cemento/ m<sup>3</sup> C° 8.87667

VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

Proporción en peso :	1.00	1.97	2.45	24.0
----------------------	------	------	------	------

Lts/Pie<sup>3</sup>



**Anexo N°21. Diseño de mezcla para concreto experimental 0.05% nanoplaquetas de grafeno + 5% de residuo de ladrillo.**

**DISEÑO DE MEZCLA**

Tesista : Mendoza Castro Cristian  
 Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EXPERIMENTAL 0.05%NG+ 5%RL  
 Referencia : RECOMENDACIÓN ACI 211

Resistencia del Diseño :

$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

**I.) DATOS DEL AGREGADOS:**

GRUESO : Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe.

FINO : Cantera La Victoria-Pátapo.

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

3/4"	-----	pulg.
1417	1613	kg/m <sup>3</sup>
1537	-----	kg/m <sup>3</sup>
2668	2469	kg/m <sup>3</sup>
0.38	1.27	%
0.67	1.32	%
-----	2.881	

**II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS**

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento
- 19.- Residuo de ladrillo
- 20.- Peso específico del ladrillo
- 21.- Nanoplaquetas de grafeno
- 22.- Peso específico de las NG

85	$f'_{cr}$	295	kg/cm <sup>2</sup>
		2	%
	$R^{w/c}$	0.555	
		3	Pulg.
		205	L/m <sup>3</sup>
		0.612	m <sup>3</sup>
		3140	kg/m <sup>3</sup>
		5.0	%
		2685.0	kg/m <sup>3</sup>
		0.05	%
		100.0	kg/m <sup>3</sup>

: Agua Potable de la Zona.

: Cemento Pórtland para Prefabricados

**III.) Cálculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua**

a) Cemento	387	Kg/m <sup>3</sup>	0.123	m <sup>3</sup>		
b) Agua	218.04	Lt/m <sup>3</sup>	0.218	m <sup>3</sup>	Corrección por humedad	
c) Aire	2	%	0.020	m <sup>3</sup>		Agua Efectiva
d) Arena	743	Kg/m <sup>3</sup>	0.292	m <sup>3</sup>	752	-0.4
e) Grava	924	Kg/m <sup>3</sup>	0.346	m <sup>3</sup>	927	-2.7
	2274		1.000	m <sup>3</sup>		-3.1

**IV.) Resultado final de diseño (húmedo)**

a) Cemento	387	Kg/m <sup>3</sup>	370.6	7.360	kg
b) Agua	218	Lt/bls		4.230	Lt
c) Arena	743	Kg/m <sup>3</sup>	45	14.747	kg
d) Grava	924	Kg/m <sup>3</sup>	55	18.349	kg
e) RL	16.5628	kg/m <sup>3</sup>		0.32892	kg
f) NG	0.1937	kg/m <sup>3</sup>		0.00385	kg
	2272			45.126	kg

**V.) Tanda de ensayo**

0.0199	m <sup>3</sup>
0.016549	m <sup>3</sup>
8.7	Bolsas
0.563	Diseño
0.564	Obra

Cemento/ m<sup>3</sup> C° 8.72079 Bolsas

**VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)**

Proporción en peso :	1.00	2.00	2.49	24.0	0.001	Lts/Pie
----------------------	------	------	------	------	-------	---------



**Anexo N°22. Diseño de mezcla para concreto experimental 0.1% nanoplaquetas de grafeno + 3% de residuo de ladrillo.**

**DISEÑO DE MEZCLA**

Tesista : Mendoza Castro Cristian  
 Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EXPERIMENTAL 0.1%NG+ 3%RL(Sin aire incorporado)  
 Referencia : RECOMENDACIÓN ACI 211

Resistencia del Diseño :  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

**I.) DATOS DEL AGREGADOS:**

GRUESO : Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe.

FINO : Cantera La Victoria-Pátapo.

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

3/4"	-----	pulg.
1417	1613	kg/m <sup>3</sup>
1537	-----	kg/m <sup>3</sup>
2668	2469	kg/m <sup>3</sup>
0.38	1.27	%
0.67	1.32	%
-----	2.881	

**II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS**

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento
- 19.- Residuo de ladrillo
- 20.- Peso específico del ladrillo
- 21.- Nanoplaquetas de grafeno
- 22.- Peso específico de las NG

85	$f'_{cr}$	295	kg/cm <sup>2</sup>
		2	%
	$R^{a/c}$	0.555	
		3	Pulg.
		205	L/m <sup>3</sup>
		0.612	m <sup>3</sup>
		3140	kg/m <sup>3</sup>
		3.0	%
		2685.0	kg/m <sup>3</sup>
		0.10	%
		100.0	kg/m <sup>3</sup>

: Agua Potable de la Zona.

: Cemento Pórtland para Prefabricados

**III.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua**

a) Cemento	387	Kg/m <sup>3</sup>	0.123	m <sup>3</sup>		
b) Agua	218.04	Lt/bls	0.218	m <sup>3</sup>		
c) Aire	2	%	0.020	m <sup>3</sup>		
d) Arena	743	Kg/m <sup>3</sup>	0.292	m <sup>3</sup>	752	
e) Grava	924	Kg/m <sup>3</sup>	0.346	m <sup>3</sup>	927	
	2274		1.000	m <sup>3</sup>		
						Agua Efectiva
						-0.4
						-2.7
						-3.1

**IV.) Resultado final de diseño (húmedo)**

a) Cemento	387	Kg/m <sup>3</sup>
b) Agua	218	Lt/m <sup>3</sup>
c) Arena	743	Kg/m <sup>3</sup>
d) Grava	924	Kg/m <sup>3</sup>
e) RL	9.9377	kg/m <sup>3</sup>
f) NG	0.3874	kg/m <sup>3</sup>
	2272	

**V.) Tanda de ensayo**

	0.0199	m <sup>3</sup>	
a) Cemento	377.1	7.488	kg
b) Agua		4.230	Lt
c) Arena	45	14.747	kg
d) Grava	55	18.349	kg
e) RL		0.19735	kg
f) NG		0.00769	kg
		45.126	kg

	0.016549	m <sup>3</sup>
$F'_{c/menos}$	8.9	Bolsas
$R^{a/c}$	0.563	Diseño
$R^{a/c}$	0.564	Obra
Cemento/ m <sup>3</sup> C°	8.87212	Bolsas

VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)  
 Proporción en peso : 1.00 1.97 2.45 24.0



**Anexo N°23. Diseño de mezcla para concreto experimental 0.1% nanoplaquetas de grafeno + 5% de residuo de ladrillo.**

**DISEÑO DE MEZCLA**

Tesista : **Mendoza Castro Cristian**  
 Ensayo : **DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO EXPERIMENTAL 0.1%NG+ 5%RL(Sin aire incorporado)**  
 Referencia : **RECOMENDACIÓN ACI 211**

Resistencia del Diseño :  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

**I.) DATOS DEL AGREGADOS:**

GRUESO : **Piedra Chancada-Tres Tomas-Ferreñafe.**

FINO : **Cantera La Victoria-Pátapo.**

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

3/4"	-----	pulg.
1417	1613	kg/m <sup>3</sup>
1537	-----	kg/m <sup>3</sup>
2668	2469	kg/m <sup>3</sup>
0.38	1.27	%
0.67	1.32	%
-----	2.881	

**II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS**

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento
- 19.- Residuo de ladrillo
- 20.- Peso específico del ladrillo
- 21.- Nanoplaquetas de grafeno
- 22.- Peso específico de las NG

85	$f'_{cr}$	295	kg/cm <sup>2</sup>
		2	%
	$R^{a/c}$	0.555	
		3	Pulg.
		205	L/m <sup>3</sup>
		0.612	m <sup>3</sup>
		3140	kg/m <sup>3</sup>
		5.0	%
		2685.0	kg/m <sup>3</sup>
		0.10	%
		100.0	kg/m <sup>3</sup>

: **Agua Potable de la Zona.**

: **Cemento Pórtland para Prefabricados**

**III.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua**

a) Cemento	387	Kg/m <sup>3</sup>	0.123	m <sup>3</sup>		
b) Agua	218.04	Lt/m <sup>3</sup>	0.218	m <sup>3</sup>		
c) Aire	2	%	0.020	m <sup>3</sup>		
d) Arena	743	Kg/m <sup>3</sup>	0.292	m <sup>3</sup>		
e) Grava	924	Kg/m <sup>3</sup>	0.346	m <sup>3</sup>		
	<b>2274</b>		<b>1.000</b>	<b>m<sup>3</sup></b>		
					<b>Corrección por humedad</b>	
						<b>Agua Efectiva</b>
					752	-0.4
					927	-2.7
						<b>-3.1</b>

**IV.) Resultado final de diseño (húmedo)**

a) Cemento	387	Kg/m <sup>3</sup>
b) Agua	218	Lt/bls
c) Arena	743	Kg/m <sup>3</sup>
d) Grava	924	Kg/m <sup>3</sup>
e) RL	16.5628	kg/m <sup>3</sup>
f) NG	0.3874	kg/m <sup>3</sup>
	<b>2272</b>	

**V.) Tanda de ensayo**

	370.4	7.357	kg
		4.230	Lt
	45	14.747	kg
	55	18.349	kg
		0.32892	kg
		0.00769	kg
		<b>45.126</b>	<b>kg</b>

	<b>0.0199</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
$F_{\text{cemento}}$	<b>8.7</b>	Bolsas
$R^{a/v}$	0.563	Diseño
$R^{a/c}$	0.564	Obra
Cemento/ m <sup>3</sup> C°	8.71623	Bolsas

**VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)**

Proporción en peso : 1.00 2.00 2.49 24.0 0.001



*Anexo N°24. Ensayo de Contenido de Aire.*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



**Tesista** : Mendoza Castro Cristian  
**Solicitante** : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
**Tesis** : Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
**Lugar** : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo , noviembre del 2022

Ensayo : Contenido de aire del concreto

Referencia : NTP 339.080

MUESTRA	CONTENIDO DE AIRE TEÓRICO	CONTENIDO DE AIRE IN SITU (%)
PATRÓN	2.00%	1.50%
0.05%NG +3%RL	2.00%	1.45%
0.05%NG +5%RL	2.00%	1.40%
0.1%NG +3%RL	2.00%	1.45%
0.1%NG +5%RL	2.00%	1.40%



*Anexo N°25. Ensayo de Resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7, 14,28 y 56 días.*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Castro Cristian Jhair  
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05  
Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f'c kg/cm <sup>2</sup>
01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	03/10/2022	7	168
02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	03/10/2022	7	160
03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	10/10/2022	14	217
04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	10/10/2022	14	211
05	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	24/10/2022	28	243
06	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	24/10/2022	28	249
07	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	21/11/2022	56	250
08	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	21/11/2022	56	254

**OBSERVACIONES :**

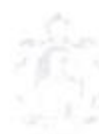
- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



**Anexo N°26. Ensayo de Resistencia a la compresión del concreto experimental 0.05%NG +3% RL a los 7, 14,28 y 56 días.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Castro Cristian Jhair  
 Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05  
 Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup>
01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	119
02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	126
03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	25/10/2022	14	156
04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	25/10/2022	14	145
05	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	181
06	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	179
07	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	06/12/2022	56	184
08	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	06/12/2022	56	188

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



**Anexo N°27. Ensayo de Resistencia a la compresión del concreto experimental 0.05%NG +5% RL a los 7, 14,28 y 56 días**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Castro Cristian Jhair  
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup>
01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	136
02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	147
03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	25/10/2022	14	188
04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	25/10/2022	14	194
05	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	232
06	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	226
07	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	06/12/2022	56	236
08	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.05% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	06/12/2022	56	242

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



*Anexo N°28. Ensayo de Resistencia a la compresión del concreto experimental 0.1%NG +3% RL a los 7, 14,28 y 56 días*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Castro Cristian Jhair  
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup>
01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	125
02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	120
03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	25/10/2022	14	159
04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	25/10/2022	14	165
05	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	200
06	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	204
07	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	06/12/2022	56	215
08	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	06/12/2022	56	207

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



**Anexo N°29. Ensayo de Resistencia a la compresión del concreto experimental 0.1%NG +5% RL a los 7, 14,28 y 56 días**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Mendoza Castro Cristian Jhair  
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento  
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup>
01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	137
02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	147
03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	25/10/2022	14	179
04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	25/10/2022	14	183
05	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	214
06	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	212
07	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	06/12/2022	56	218
08	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> + 0.1% NANOPLAQUETAS DE GRAFENO + 5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	06/12/2022	56	216

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



*Anexo N°30. Ensayo de Resistencia a la tracción del concreto patrón a los 7 y 28 días.*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: : Mendoza Castro Cristian Jhair  
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto : "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento"  
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2022

Título : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndricas

Código : ASTM C-39/39M -2004

Título : Standard Test Method for compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

$$f_c = [(2 \times P) / (3.1416 \times d^2 \times h)]$$

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
CP-01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	03/10/2022	7	15.20	30.1	14765.488	21
CP-02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	03/10/2022	7	15.20	30.1	13492.199	19
CP-03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	24/10/2022	28	15.20	30.1	24243.398	34
CP-04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+0% DE RESIDUO DE LADRILLO	26/09/2022	24/10/2022	28	15.20	30.1	25190.456	35

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



**Anexo N°31. Ensayo de Resistencia a la tracción del concreto experimental 0.05%NG +3% RL a los 7 y 28 días.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: : Mendoza Castro Cristian Jhair  
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto : "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento"  
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2022

Título : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndricas

Código : ASTM C-39/39M -2004

Título : Standard Test Method for compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

$$f_c = \frac{[2xP]}{[3.1416 \times d^2 \times h]}$$

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
CP-01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	15.20	30.1	9861.33	14
CP-02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	15.20	30.1	9933.39	14
CP-03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	15.20	30.1	20270	28
CP-04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+3% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	15.20	30.1	20650	29

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



**Anexo N°32. Ensayo de Resistencia a la tracción del concreto experimental 0.05%NG +5% RL a los 7 y 28 días.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: : Mendoza Castro Cristian Jhair  
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto : "Evaluación de las propiedades del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento"  
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2022

Título : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndricas

Código : ASTM C-39/39M -2004

Título : Standard Test Method for compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

$$f_c = \frac{2xP}{3.1416 \times d^2 \times h}$$

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
CP-01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	15.20	30.1	12747.807	18
CP-02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	18/10/2022	7	15.20	30.1	13278.059	18
CP-03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	15.20	30.1	23720	33
CP-04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.05% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+5% DE RESIDUO DE LADRILLO	11/10/2022	08/11/2022	28	15.20	30.1	24570	34

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



**Anexo N°33. Ensayo de Resistencia a la tracción del concreto experimental 0.1%NG +3% RL a los 7 y 28 días.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: : Mendoza Castro Cristian Jhair  
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto : "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento"  
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2022

Título : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndricas

Código : ASTM C-39/39M -2004

Título : Standard Test Method for compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

$$f_c = \frac{(2 \times P)}{(3.1416 \times d \times h)}$$

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
CP-01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.1% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+3% DE RESIDUO DE LADRILLO	13/10/2022	20/10/2022	7	15.20	30.1	10983.698	15
CP-02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.1% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+3% DE RESIDUO DE LADRILLO	13/10/2022	20/10/2022	7	15.20	30.1	8698.78	12
CP-03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.1% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+3% DE RESIDUO DE LADRILLO	13/10/2022	10/11/2022	28	15.20	30.1	19640	27
CP-04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.1% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+3% DE RESIDUO DE LADRILLO	13/10/2022	10/11/2022	28	15.20	30.1	21698.456	30

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



**Anexo N°34. Ensayo de Resistencia a la tracción del concreto experimental 0.1%NG +5% RL a los 7 y 28 días.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



TESISTA: : Mendoza Castro Cristian Jhair  
UNIVERSIDAD : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental  
Proyecto : "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento"  
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de emisión : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2022

Título : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción del concreto en muestras cilíndricas

Código : ASTM C-39/39M -2004

Título : Standard Test Method for compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

$$f_c = [(2 \times P) / (3.1416 \times d \times h)]$$

Código	Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga (P) (Kg)	fc (Kg/cm <sup>2</sup> )
CP-01	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.1% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+5% DE RESIDUO DE LADRILLO	13/10/2022	20/10/2022	7	15.20	30.1	13411.3	19
CP-02	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.1% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+5% DE RESIDUO DE LADRILLO	13/10/2022	20/10/2022	7	15.20	30.1	11789.3	16
CP-03	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.1% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+5% DE RESIDUO DE LADRILLO	13/10/2022	10/11/2022	28	15.20	30.1	18160.48	25
CP-04	CONCRETO 210 kg/cm <sup>2</sup> +0.1% DE NANOPLAQUETAS DE GRAFENO+5% DE RESIDUO DE LADRILLO	13/10/2022	10/11/2022	28	15.20	30.1	19478.54	27

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Anexo N°35. Ensayo de Módulo de elasticidad – concreto patrón f'c:210kg/cm2.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**

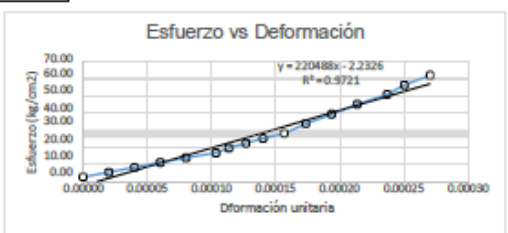
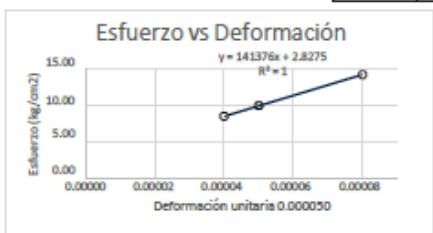
**METODO DE ENSAYO:** MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN  
**REFERENCIA NORMATIVA:** ASTM C - 469  
**PROYECTO:** "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con Nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento".  
**UBICACIÓN:** Chiclayo - Lambayeque  
**CLIENTE:** Cristian Jhair Mendoza Castro  
**TIPO DE PRODUCTO:** Concreto

f'c: 210 kg/cm2      100%: 435.6 Kn      Fecha de moldeo: 26/09/2022  
 Patrón                      40%: 175.04 Kn      Fecha de rotura: 24/10/2022  
 Edad (días): 28

Lectura	Deformacion		Carga		Diametro cm	Altura cm	σ <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40%σ <sub>c</sub> ) Kg/cm <sup>2</sup>	ε (0.40 Δ Max)	ε unitaria ε <sub>s</sub> (S <sub>2</sub> )	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>
	mm	cm	KN	Kgf								
L-1	0.0000	0.0000	4.90	500	15.0	30	2.83	57.71	0.000253886	0.000000	9.896296	234153.7
L-2	0.0060	0.0006	9.80	999			5.66					
L-3	0.0120	0.0012	14.70	1499			8.48					
L-4	0.0180	0.0018	19.60	1999			11.31					
L-5	0.0240	0.0024	24.50	2498			14.14					
L-6	0.0310	0.0031	29.40	2998			16.97					
L-7	0.0340	0.0034	34.30	3498			19.79					
L-8	0.0380	0.0038	39.20	3997			22.62					
L-9	0.0420	0.0042	44.10	4497			25.45					
L-10	0.0470	0.0047	49.00	4997			28.28					
L-11	0.0520	0.0052	58.80	5996			33.93					
L-12	0.0580	0.0058	68.60	6995			39.59					
L-13	0.0640	0.0064	78.60	8015			45.36					
L-14	0.0710	0.0071	88.30	9004			50.95					
L-15	0.0750	0.0075	108.10	11023			56.61					
L-16	0.0810	0.0081	172.90	17630			62.26					

Tabulaciones							
σ <sub>c</sub> (0.000050) (kg/cm <sup>2</sup> )				ε(0.40 Δ Max)			
item	ε unitaria	item	σ <sub>c</sub>	item	σ <sub>c</sub>	item	ε unitaria
A	0.000040	D	8.48	A	56.61	D	0.000250
B	0.000005	E	9.90	B	57.71	E	0.000254
C	0.000080	F	14.14	C	62.26	F	0.000270

σ<sub>c</sub>= 9.89630      ε unitaria= 0.000253886  
 E<sub>c</sub>= 234153.75



Anexo N°36. Ensayo de Módulo de elasticidad -concreto experimental 0.05%NG +3% RL.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**

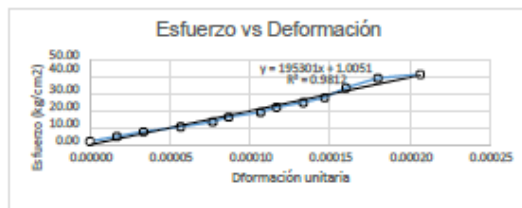
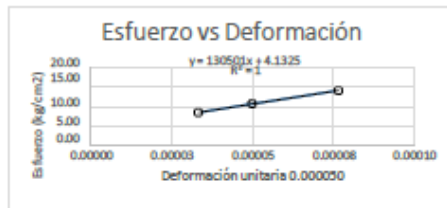
**METODO DE ENSAYO:** MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN  
**REFERENCIA NORMATIVA:** ASTM C - 469  
**PROYECTO:** "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con Nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, cómo reemplazo parcial del cemento".  
**UBICACIÓN:** Chiclayo - Lambayeque  
**CLIENTE:** Cristian Jhair Mendoza Castro  
**TIPO DE PRODUCTO:** Concreto

f'c: 210 kg/cm2      100%: 320 Kn      Fecha de moldeo: 11/10/2022  
 Nanoplaquetas de grafeno + residuos de ladrillo: 0.05% + 3%      40%: 128 Kn      Fecha de rotura: 08/11/2022  
 Edad (días): 28

Lectura	Deformacion		Carga		Diametro cm	Altura cm	$\sigma_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_c$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ (0.40 $\Delta$ Max)	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_u (S_c)$	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>
	mm	cm	KN	Kgf								
L-1	0.0000	0.0000	4.90	500	15.0	30	2.83	41.50	0.000202701	0.000000	10.657549	194452.3
L-2	0.0050	0.0005	9.80	999			5.66			0.000017		
L-3	0.0100	0.0010	14.70	1499			8.48			0.000033		
L-4	0.0170	0.0017	19.60	1999			11.31			0.000057		
L-5	0.0230	0.0023	24.50	2498			14.14			0.000077		
L-6	0.0260	0.0026	29.40	2998			16.97			0.000087		
L-7	0.0320	0.0032	34.30	3498			19.79			0.000107		
L-8	0.0350	0.0035	39.20	3997			22.62			0.000117		
L-9	0.0400	0.0040	44.10	4497			25.45			0.000133		
L-10	0.0440	0.0044	49.00	4997			28.28			0.000147		
L-11	0.0480	0.0048	58.80	5996			33.93			0.000160		
L-12	0.0540	0.0054	78.60	8015			39.59			0.000180		
L-13	0.0620	0.0062	132.50	13511			41.84			0.000207		

Tabulaciones							
$\sigma_u(0.000050) (kg/cm^2)$				$\epsilon(0.40 \Delta Max)$			
item	$\epsilon$ unitaria	item	$\sigma_u$	item	$\sigma_u$	item	$\epsilon$ unitaria
A	0.000033	D	8.48	A	39.59	D	0.000180
B	0.00005	E	10.66	B	41.50	E	0.000203
C	0.000077	F	14.14	C	41.84	F	0.000207

$\sigma_u =$  10.65755       $\epsilon$  unitaria = 0.000202701  
 $E_c =$  194452.31



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundino Barrios Fernández  
 REG. CTR. 154278

Anexo N°37. Ensayo de Módulo de elasticidad -concreto experimental 0.05%NG +5% RL.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO:** MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESION  
**REFERENCIA NORMATIVA:** ASTM C - 469  
**PROYECTO:** "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con Nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, como reemplazo parcial del cemento".  
**UBICACIÓN:** Chiclayo - Lambayeque  
**CLIENTE:** Cristian Jhair Mendoza Castro  
**TIPO DE PRODUCTO:** Concreto

f<sub>c</sub>: 210 kg/cm<sup>2</sup>      100%: 401.45 Kn      Fecha de moldeo: 11/10/2022  
 Nanoplaquetas de grafeno + residuos de ladrillo: 0.05% + 5%      40%: 162.98 Kn      Fecha de rotura: 08/11/2022  
 Edad (días): 28

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro	Altura	σ <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40%σ <sub>c</sub> ) Kg/cm <sup>2</sup>	ε (0.40 Δ Max)	ε unitaria ε (‰)	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>
	mm	cm	KN	Kgrf								
L-1	0.0010	0.0001	4.90	500	15.0	30	2.83	52.86	0.000225643	0.000003	13.006560	223564.2
L-2	0.0050	0.0005	9.80	999			5.66			0.000017		
L-3	0.0080	0.0008	14.70	1499			8.48			0.000027		
L-4	0.0120	0.0012	19.60	1999			11.31			0.000040		
L-5	0.0170	0.0017	24.50	2498			14.14			0.000057		
L-6	0.0250	0.0025	29.40	2998			16.97			0.000083		
L-7	0.0280	0.0028	34.30	3498			19.79			0.000093		
L-8	0.0330	0.0033	39.20	3997			22.62			0.000110		
L-9	0.0390	0.0039	44.10	4497			25.45			0.000130		
L-10	0.0450	0.0045	49.00	4997			28.28			0.000150		
L-11	0.0500	0.0050	58.80	5996			33.93			0.000167		
L-12	0.0560	0.0056	68.60	6995			39.59			0.000187		
L-13	0.0610	0.0061	98.60	10054			45.36			0.000203		
L-14	0.0640	0.0064	138.30	14103			50.95			0.000213		
L-15	0.0687	0.0069	162.50	16570			53.38			0.000229		

Tabulaciones							
σ <sub>c</sub> (0.000050) (kg/cm <sup>2</sup> )				ε(0.40 Δ Max)			
item	ε unitaria	item	σ <sub>c</sub>	item	σ <sub>c</sub>	item	ε unitaria
A	0.000040	D	11.31	A	50.95	D	0.000213
B	0.00005	E	13.01	B	52.86	E	0.000226
C	0.000057	F	14.14	C	53.38	F	0.000229

σ<sub>c</sub>= 13.00656      ε unitaria= 0.000225643  
 E<sub>c</sub>= 223564.21



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundario Héroles Fernández  
 REG. CIP. 10278



Anexo N°38. Ensayo de Módulo de elasticidad -concreto experimental 0.1%NG +3% RL.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**

**METODO DE ENSAYO**  
**REFERENCIA NORMATIVA**  
**PROYECTO**  
**UBICACIÓN**  
**CLIENTE**  
**TIPO DE PRODUCTO**

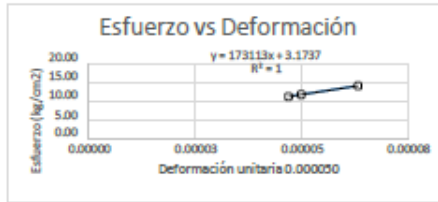
**MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESIÓN**  
 ASTM C - 469  
 "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con Nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, cómo reemplazo parcial del cemento".  
 Chiclayo - Lambayeque  
 Cristian Jhair Mendoza Castro  
 Concreto

f<sub>c</sub>: 210 kg/cm<sup>2</sup>      100%: 358.75 Kn      Fecha de moldeo: 13/10/2022  
 Nanoplaquetas de grafeno + residuos de ladrillo: 0.1% + 3%      40%: 143.5 Kn      Fecha de rotura: 10/11/2022

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro	Altura	σ <sub>u</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40%σ <sub>u</sub> ) Kg/cm <sup>2</sup>	ε (0.40 Δ Máx)	Edad (días): ε unitaria ε (‰)	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>
	mm	cm	KN	Kgf								
L-1	0.0030	0.0003	4.90	500	15.0	30	2.83	50.39	0.000224289	0.000010	11.829391	217289.8
L-2	0.0080	0.0008	9.80	999			5.66					
L-3	0.0100	0.0010	14.70	1499			8.48					
L-4	0.0141	0.0014	19.60	1999			11.31					
L-5	0.0190	0.0019	24.50	2498			14.14					
L-6	0.0280	0.0028	29.40	2998			16.97					
L-7	0.0300	0.0030	34.30	3498			19.79					
L-8	0.0340	0.0034	39.20	3997			22.62					
L-9	0.0410	0.0041	44.10	4497			25.45					
L-10	0.0470	0.0047	49.00	4997			28.28					
L-11	0.0520	0.0052	58.80	5996			33.93					
L-12	0.0580	0.0058	68.60	6995			39.59					
L-13	0.0620	0.0062	88.60	9034			45.36					
L-14	0.0678	0.0068	108.30	11043			50.95					
L-15	0.0700	0.0070	142.50	14531			53.38					

Tabulaciones							
σ <sub>u</sub> (0.000050) (kg/cm <sup>2</sup> )				ε(0.40 Δ Máx)			
item	ε unitaria	item	σ <sub>u</sub>	item	σ <sub>u</sub>	item	ε unitaria
A	0.000047	D	11.31	A	50.95	D	0.000226
B	0.00005	E	11.83	B	50.39	E	0.000224
C	0.000063	F	14.14	C	53.38	F	0.000233

σ<sub>u</sub>= 11.82939      ε unitaria= 0.000224289  
 E<sub>c</sub>= 217289.83



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Responsables: J. Ferrández  
 REG. OFI. 10278



Anexo N°39. Ensayo de Módulo de elasticidad -concreto experimental 0.1%NG +5% RL.



Av. Vicente Ruso Lote 1 S/N - Distrito de Chiclayo - Provincia de Chiclayo - Lambayeque RUC: 20487357465  
 Servicios de Laboratorios Chiclayo - EMP Asfaltos  
 948 852 622 - 954 131 476 - 998 928 250  
 E-mail: servicios\_lab@hotmail.com.

**INFORME DE ENSAYO**

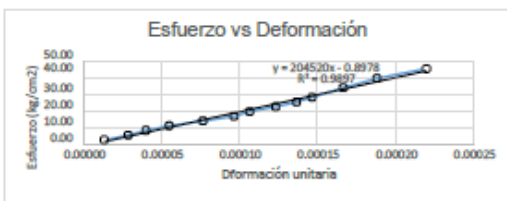
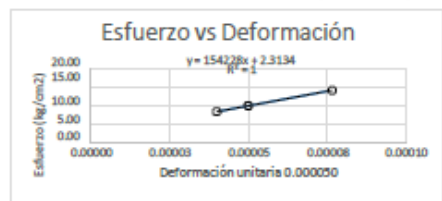
**METODO DE ENSAYO:** MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y DE LA RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO SOMETIDO A COMPRESION  
**REFERENCIA NORMATIVA:** ASTM C - 469  
**PROYECTO:** "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborados con Nanoplaquetas de grafeno y residuos de ladrillo, cómo reemplazo parcial del cemento".  
**UBICACIÓN:** Chiclayo - Lambayeque  
**CLIENTE:** Cristian Jhair Mendoza Castro  
**TIPO DE PRODUCTO:** Concreto

f<sub>c</sub>: 210kg/cm<sup>2</sup>      100%: 375 Kn      Fecha de moldeo: 13/10/2022  
 Nanoplaquetas de grafeno + residuos de ladrillo: 0.1% + 5%      40%: 150 Kn      Fecha de rotura: 10/11/2022  
 Edad (días): 28

Lectura	Deformación		Carga		Diámetro	Altura	σ <sub>c</sub>	Esfuerzo S2	ε	Esfuerzo S1	E <sub>c</sub>		
	mm	cm	KN	Kgf								cm	cm
L-1	0.0040	0.0004	4.90	500	15.0	30	44.50	0.000215313	0.000013	10.024819	215236.8		
L-2	0.0086	0.0009	9.80	999								2.83	0.000029
L-3	0.0120	0.0012	14.70	1499								5.66	0.000040
L-4	0.0165	0.0017	19.60	1999								8.48	0.000055
L-5	0.0230	0.0023	24.50	2498								11.31	0.000077
L-6	0.0290	0.0029	29.40	2998								14.14	0.000097
L-7	0.0320	0.0032	34.30	3498								16.97	0.000107
L-8	0.0370	0.0037	39.20	3997								19.79	0.000123
L-9	0.0410	0.0041	44.10	4497								22.62	0.000137
L-10	0.0440	0.0044	49.00	7036								25.45	0.000147
L-11	0.0500	0.0050	88.80	9055								28.28	0.000167
L-12	0.0565	0.0057	128.60	13113								33.93	0.000188
L-13	0.0660	0.0066	158.60	16172								39.59	0.000220
					45.36								

σ <sub>c</sub> (0.000050) (kg/cm <sup>2</sup> )				ε(0.40 Δ Max)			
item	ε unitaria	item	σ <sub>c</sub>	item	σ <sub>c</sub>	item	ε unitaria
A	0.000040	D	8.48	A	39.59	D	0.000188
B	0.00005	E	10.02	B	44.50	E	0.000215
C	0.000077	F	14.14	C	45.36	F	0.000220

σ<sub>u</sub>= 10.02482      ε unitaria= 0.000215313  
 E<sub>c</sub>= 215236.85



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C.  
 Secundario Patricia Fernández  
 REC. 014 140278



*Anexo N°40. Precio costo de las nanoplaquetas de grafeno.*

**GUIA: 2717 4477 3207**

REMITENTE / SHIPPER	DESTINATARIO / CONSIGNEE
<i>Nombre</i> JIANGSU XFNANO MATERIALS TECH  <i>Pais Origen:</i> CN  <i>Manifiesto Courier:</i> 2022 - 00000186	<i>Nombre</i> <span style="float: right;"><i>Tel:</i> 51995021221</span> BLANCA ROCIO CORONADO VALLEJOS  <i>Atencion</i> BLANCA ROCIO CORONADO VALLEJOS  <i>Dirección</i> AV. SAN JOSEMARIA ESCRIVA DE - BALAGUER 855 - LAMBAYEQUE, CHICLAYO  <i>Ciudad:</i> LAMBAYEQUE

DATOS DE LA MERCADERIA	Valor Manifiesto:	564.00
<i>Descripción:</i> CARBON NANOTUBES	<i>Valor CIF US\$:</i>	647.23
<i>Tipo de Envio:</i> NO DOCUMENTO	<i>Cant. Manifestada:</i>	1 <i>Cant. Recibida:</i> 1
<i>Flete:</i> REMITENTE <i>Duties &amp; Taxes:</i> DESTINATARIO	<i>Peso. Manifestado:</i>	8.00 <i>Peso Recibido:</i> 7.95
	<i>Peso. Volumen:</i>	0

NUMERACION		
<i>Fecha Numeración:</i> 14/04/2022	<i>Nro. Declaración:</i> 308348	<i>Canal:</i> VERDE
	<i>Derechos de Aduana:</i> 147.00	

**PRELIQUIDACION**

Ad.Valorem:	26.00
Sobre Tasa Adicional:	0.00
Imp. Select. Consumo:	0.00
IGV + IPM:	121.00
Multas:	0.00
Otros Cargos:	0.00
<b>Total Derechos de Aduana:</b>	<b>147.00</b>
<b>SUNAT Percepcion IGV:</b>	<b>0.00</b>
Almacenaje:	14.00
Declaración Simplificada:	4.00
Cargos Operativos:	53.00
Retención Postal:	20.00
Serv. Int'l Courier:	0.00
Otros Gastos:	0.00
Comisión Courier:	0.00
Imp. Gral. Ventas (IGV):	16.38
<b>Total Preliquidación US \$:</b>	<b>254.38</b>
Pago A Cuenta:	0.00