



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**IMPERMEABILIZACIÓN DEL CONCRETO F'C=175
KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE
GRAFENO**

PRESENTADA POR
LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS

ASESORES

**ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ
2024



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**IMPERMEABILIZACIÓN DEL CONCRETO $F'C=175$ KG/CM²
INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

LLENQUE FIESTAS, LUIS ITALO

ASESORES:

Mag. Ing. ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO

Mag. Ing. JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Esta tesis de investigación está dedicada para mis padres y hermanos que siempre me dieron su apoyo total en cada momento de mi vida para lograr alcanzar mis objetivos y formarme como profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindar buena salud y bienestar personal y familiar la cual fue motor necesario para realizar este proyecto de investigación.

A mis padres Italo Javier Llenque Curo y Cecilia Patricia Fiestas de Llenque por su amor, dedicación y atención para mi formación personal y profesional y a mi hermano Cristhian por su apoyo en todo el proceso.

A todas las personas que me apoyaron a realizar esta investigación con quienes compartí experiencias y conocimientos profesionales

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	
1.1 Antecedentes de la investigación.....	1
1.1.1 Nivel Internacional.....	1
1.1.2 Nivel Nacional.....	5
1.2 Justificación de la investigación.....	8
1.3 Importancia de la investigación.....	9
1.3.1 Importancia social.....	9
1.3.2 Importancia Económica.....	9
1.3.3 Importancia Técnica.....	9
1.4 Alcance.....	10
1.5 Limitaciones de la investigación.....	10
1.6 Viabilidad de la investigación.....	10
1.6.1 Viabilidad Operativa.....	10
1.6.2 Viabilidad Financiera.....	10
1.6.3 Viabilidad Social.....	11
1.7 Impacto de la investigación.....	11
1.7.1 Impacto Teórico.....	11
1.7.2 Impacto Práctico.....	11
1.8 Bases Teóricas.....	12

1.8.1 Grafeno	12
1.8.2 Durabilidad en el concreto	18
1.8.3 Concreto.....	28
1.8.4 Propiedades del concreto en estado fresco	29
1.8.5 Propiedades del concreto en estado endurecido	30
1.8.6 Diseño del concreto.....	34
1.8.7 Cemento empleado en la investigación	37
1.8.8 Agregados	38
1.8.9 Propiedades de los Agregados.....	42
1.8.10 Agua	50
1.9 Definición de Términos Básicos.....	51

CAPÍTULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Hipótesis.....	54
2.1.1 Hipótesis General.....	54
2.1.2 Hipótesis Especifica	55
2.2 Variables	59
2.2.1 Variable independiente.....	59
2.2.2 Variable dependiente.....	59
2.2.3 Operacionalización de variables	59

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico	60
3.1.1 Tipo de investigación.....	60
3.1.2 Enfoque de investigación	60
3.1.3 Nivel de investigación.....	60
3.1.4 Diseño de investigación.....	61

3.2 Población y Muestra	61
3.2.1 Población	61
3.2.2 Muestra	62
3.3 Instrumentos.....	66
3.3.1 Técnica.....	66
3.3.2 Instrumentos para la recolección de datos	66
3.3.3 Instrumentos de procesamiento	67
3.4 Procedimiento.....	67
3.5 Aspectos Éticos	71

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Mapa o esquema de procesos.....	72
4.2 Resistencia a la compresión	103
4.3 Durabilidad	108
4.4 Permeabilidad.....	113

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Contratación de la hipótesis.....	115
5.1.1 Hipótesis General.....	115
5.1.2 Hipótesis específica 1.....	117
5.1.3 Hipótesis específica 2.....	118
5.1.4 Hipótesis específica 3.....	119
5.2 Contratación con Antecedentes Internacionales	120
5.3 Contratación con Antecedentes Nacionales	121

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

FUENTES DE INFORMACIÓN

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla1 Características de las Nanoplaquetas de grafeno	17
Tabla2 Conceptos para la durabilidad del hormigón	19
Tabla3 Permeabilidad del concreto.....	33
Tabla4 Parámetros para el diseño de mezcla	34
Tabla5 Resistencia de diseño	35
Tabla6 Cantidad de agua requerida.....	35
Tabla7 Aire atrapado en el concreto	36
Tabla8 Volumen de agregado grueso	36
Tabla9 Operacionalización de variables	59
Tabla10 Muestra para la resistencia a la compresión	64
Tabla11 Muestra para el ensayo de congelación y deshielo	65
Tabla12 Muestras para ensayo de Profundidad de penetración de agua bajo presión	66
Tabla13 Accesibilidad a cantera	74
Tabla14 Granulometría del agregado fino.....	75
Tabla15 Granulometría de agregado grueso	77
Tabla16 Peso unitario seco del agregado fino	78
Tabla17 Peso unitario seco suelto del agregado grueso.....	79
Tabla18 Peso unitario compactado del agregado fino	81
Tabla19 Peso unitario compactado del agregado grueso	81
Tabla20 Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.....	83

Tabla21	Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.....	84
Tabla22	Contenido de humedad del agregado fino	85
Tabla23	Contenido de humedad del agregado grueso	85
Tabla24	Características de los agregados.....	86
Tabla25	Proporción de nanoplaquetas de grafeno	91
Tabla26	Resumen del diseño de mezcla	91
Tabla27	Resistencia promedio a la compresión patrón.....	103
Tabla28	Resistencia promedio a la compresión + 0.2% de NPG	104
Tabla29	Resistencia promedio a la compresión + 0.5% de NPG	105
Tabla30	Resistencia promedio a la compresión + 1.0% de NPG	106
Tabla31	Resistencia a la compresión del concreto patrón	108
Tabla32	Resistencia a la compresión del concreto + 0.2% NPG	109
Tabla33	Resistencia a la compresión del concreto + 0.5% NPG	110
Tabla34	Resistencia a la compresión del concreto + 1.0% NPG	111
Tabla35	Contrastación de HG	116
Tabla36	Contrastación de hipótesis N°1	117
Tabla37	Contrastación de hipótesis N°02.....	118
Tabla38	Contrastación de hipótesis N°03.....	119
Tabla39	Contrastación de Antecedente Internacional.....	120
Tabla40	Contrastación de Antecedente Nacional	121

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura1 Estructura del grafeno	13
Figura2 Nanoplaquetas de grafeno	15
Figura3 Estructura de las nanopartículas del grafeno.....	17
Figura4 Fisuración del hormigón causada por climas fríos	20
Figura5 La exposición a la intemperie afecta el concreto	21
Figura6 La mezcla es importante para la durabilidad del concreto	23
Figura7 Poros saturados del concreto	26
Figura8 Concreto impermeable	28
Figura9 Porosidad del Concreto	32
Figura10 Cemento Pacasmayo tipo MS	38
Figura11 Granulometría de agregado fino	40
Figura12 Peso para el contenido de humedad	43
Figura13 Procedimiento para el peso unitario del agregado grueso	46
Figura14 Ensayo de Absorción del agregado fino	48
Figura15 Peso de la piedra sumergida	50
Figura16 H1 Ensayo de resistencia a la compresión	56
Figura17 H2 Ensayo de Durabilidad.....	57
Figura18 H3 Ensayo de Permeabilidad	58
Figura19 Prensa hidráulica para concreto	68
Figura20 Congeladora artificial.....	69
Figura21 Ensayo de permeabilidad	70
Figura22 Cantera Tres Tomas	73

Figura23	Granulometría arena	75
Figura24	Curva Granulométrica del agregado fino	76
Figura25	Curva granulométrica del agregado grueso	77
Figura26	Peso unitario seco agregado fino	80
Figura27	Peso unitario compactado del agregado grueso.....	82
Figura28	Elaboración de probetas de concreto patrón	92
Figura29	Nanoplaquetas de grafeno (NPG)	93
Figura30	Adición de nanoplaquetas de grafeno	94
Figura31	Elaboración de concreto con NPG	95
Figura32	Ensayo de Cono de Abrahams.....	97
Figura33	Curado de probetas.....	98
Figura34	Congeladora artificial.....	99
Figura35	Etapa de congelamiento.....	100
Figura36	Congelamiento del concreto.....	101
Figura37	Etapa de descongelamiento	102
Figura38	Resistencia del concreto	107
Figura39	Resistencia a la compresión.....	112
Figura40	Resultados de ensayo de profundidad de penetración por agua bajo presión.	113

RESUMEN

En la actualidad se busca que el concreto no solo tenga buena resistencia sino también que sea durable, esto quiere decir que tenga una vida útil prolongada, lo cual evita los mantenimientos frecuentes y los costos adicionales asociados.

En la presente investigación se determina la influencia de las nanoplaquetas de grafeno en la impermeabilización del concreto $f'c$ 175 kg/cm².

Este estudio tiene un diseño cuantitativo ya que los resultados de los indicadores y de las variables son medibles y cuantificables. La muestra consiste en 96 probetas de concreto: 36 probetas para la resistencia a la compresión, las cuales está conformada por 4 grupos de 9 probetas distribuido con la adición de nanoplaquetas de grafeno al 0.2%, 0.5%, 1.0% y otro de concreto patrón. De la misma manera 36 probetas para el ensayo de durabilidad y 24 probetas en grupo de 6 cada uno para el ensayo de permeabilidad.

El mejor resultado fue con la aplicación de 0.2% de nanoplaquetas de grafeno obteniendo una resistencia de 250.11 kg/cm² superando en 31.29% al concreto patrón, en durabilidad se obtuvo un 223.18 kg/cm² superando en 28.56% al concreto patrón y para la permeabilidad 15.33 mm superando 40.14% al concreto patrón.

Se concluye que el concreto con la adición de 0.2% de nanoplaquetas de grafeno es el más recomendable para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, la durabilidad del concreto y su utilización mejora la impermeabilización del concreto.

Palabras Claves: Nanoplaquetas de grafeno, concreto, permeabilidad, durabilidad.

ABSTRACT

Currently, concrete is sought not only to have good resistance but also to be durable, this means that it has a long useful life, avoiding constant maintenance and the additional cost that this would generate.

In the present investigation, the influence of graphene nanoplatelets on the waterproofing of concrete f'c 175 kg/cm² is determined.

This study has a quantitative design since the results of the indicators and variables are measurable and quantifiable. The sample consists of 96 concrete specimens: 36 specimens for compressive strength, which are made up of 4 groups of 9 specimens distributed with the addition of graphene nanoplatelets at 0.2%, 0.5%, 1.0% and another of standard concrete. . In the same way, 36 specimens for the durability test and 24 specimens in a group of 6 each for the permeability test.

The best result was with the application of 0.2% of graphene nanoplatelets, obtaining a resistance of 250.11 kg/cm², exceeding the standard concrete by 31.29%, in durability, 223.18 kg/cm² was obtained, exceeding the standard concrete by 28.56%, and for permeability 15.33 mm, exceeding the standard concrete by 40.14%.

It is concluded that concrete with the addition of 0.2% of graphene nanoplatelets is the most recommended to improve the mechanical properties of concrete, the durability of concrete and its use improves the waterproofing of concrete.

Keywords: Graphene nanoplatelets, concrete, permeability, durability.

NOMBRE DEL TRABAJO

**IMPERMEABILIZACIÓN DEL CONCRETO
F'C=175 KG_CM2 INCORPORANDO NAN
OPLAQUETAS DE GRAFENO**

AUTOR

LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS

RECUENTO DE PALABRAS

23003 Words

RECUENTO DE CARACTERES

127270 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

165 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.2MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 27, 2024 9:07 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 27, 2024 9:09 AM GMT-5**● 13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

INTRODUCCIÓN

El concreto en el Perú y a nivel global es el más utilizado para obras de infraestructura y edificación, no obstante, influye de manera negativa en condiciones climáticas extremas ya sea por bajas o altas temperaturas, es por esto que es necesario utilizar diferentes aditivos que puedan reducir los efectos negativos y perjudiciales en la calidad final del concreto.

Las nanoplaquetas de grafeno como un aditivo del concreto busca una mayor durabilidad, dándole al concreto propiedades que puedan resistir agentes químicos, cambios repentinos de temperatura u otras condiciones que puedan dañar el concreto. Los avances tecnológicos facilitan la incorporación de nuevos compuestos en la mezcla de concreto para mejorar sus propiedades mecánicas, físicas y químicas.

Como problema general tenemos: ¿De qué manera influye la incorporación de las nanoplaquetas de grafeno en la impermeabilización de un concreto $f'c$ 175 kg/cm²?

Los problemas específicos tenemos, ¿De qué manera influye la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción 0.2%, 0.5% y 1.0% a la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=175$ kg/cm²?, otro objetivo específico es, ¿De qué manera influye la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% en la durabilidad de un concreto $f'c=175$ kg/cm² y por ultimo tenemos, ¿De qué manera influye la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% en la permeabilidad de un concreto $f'c=175$ kg/cm²?

Es por ello que como objetivo es determinar la influencia de las nanoplaquetas de

grafeno como aditivo en la impermeabilización del concreto $f'c$ 175 kg/cm², haciendo que la mezcla pueda soportar al intemperismo, climas extremos y mantengan la calidad final del concreto.

De los objetivos específicos tenemos, la resistencia a la compresión de concreto para de esta forma poder determinar que el diseño de mezcla pueda cumplir con los requerimientos solicitados y que vaya acorde a las estructuras determinadas.

La durabilidad para determinar que el diseño de mezcla, pueda resistir al intemperismo, es esencial que el concreto pueda resistir ante los efectos del clima, ciclos de congelación y descongelación lo que ocasiona fisuración o agrietamiento del concreto y posteriormente colapso.

La permeabilidad teniendo en cuenta los cuatro diseños de mezcla se definió la calidad del concreto para evitar posibles infiltraciones de diversos agentes patógenos que ocasiona la degradación de la estructura.

La hipótesis general planteada es: La incorporación de nanoplaquetas grafeno mejora la impermeabilización de un concreto $f'c$ 175 kg/cm².

Como hipótesis específicas tenemos: Las nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% aumenta más del 10% a la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 175 kg/cm². Otra de las hipótesis específicas planteadas tenemos: La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% aumenta más del 10% en la durabilidad de un concreto $f'c$ 175 kg/cm². Y la última hipótesis planteada es: La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% disminuye más del 25% en la permeabilidad de un concreto $f'c$ 175 kg/cm².

La importancia de esta investigación es el alcance teórico y práctico que permitirá brindar a los profesionales una visión más amplia de como los avances tecnológicos como son las nanoplaquetas de grafeno pueden aumentar las características del concreto en climas extremos, también ayuda a reducir la emisión de gases contaminantes y poder determinar cuál de ellos sería el más recomendable con el fin de disminuir la permeabilidad, durabilidad y evitar grandes costos de reparación a corto y largo plazo.

Las limitaciones para el presente proyecto fueron la falta de empresas ligadas a la venta de nanoplaquetas de grafeno en Perú y la mínima cantidad fuentes de información acerca de las nanoplaquetas de grafeno.

Esta tesis de investigación es cuantitativa ya que los resultados de los indicadores y de las variables son medibles y cuantificables. El nivel de esta investigación es aplicado y el diseño es experimental.

Capítulo I, se describen los antecedentes de la investigación los cuales fueron rescatados de las múltiples investigaciones obtenidas como antecedentes de las cuales los métodos utilizados fueron tomados como referencia dentro del proceso investigativo desarrollado, fundamentación del problema, planteamiento del problema, las bases teóricas empleadas son el indicador perfecto para reconocer que tipo de elementos se podrían tomar en cuenta y aquellos que no. El empleo de ensayos y métodos relacionados, así como las técnicas empleadas van a brindar validez durante todo el proceso de investigación y por último la definición de términos básicos.

Capítulo II, se presenta los objetivos de la investigación, la formulación de las

hipótesis, así también la definición de las variables y por último la justificación de la investigación.

Capítulo III, se presenta la metodología de investigación señalando el diseño propio, la muestra específica de estudio, todo tipo de instrumento empleado para la recopilación, así como para el procesamiento teórico práctico en el laboratorio.

Capítulo IV, teniendo en cuenta las evidencias particulares de la investigación, como el análisis de diversos resultados, de tablas, gráficas que va permitir hallar el diseño de las mezclas del concreto. Para de esa forma ir construyendo y enlazando los resultados de acuerdo al objetivo que se persigue. Una vez procesado los estudios se pasa a presentar los resultados de ensayos realizados en el laboratorio como la resistencia a la compresión del concreto lo cual se procedió a romper los moldes a los 7, 14, y 28 días calendarios, la durabilidad del concreto mediante el ensayo de congelación y descongelación y también se hizo el ensayo de permeabilidad de los concretos.

Capítulo V, en esta fase investigativa se considera la exposición y discusión, teniendo en cuenta que el resultado permitió la contrastación de la hipótesis en relación a los antecedentes estudiados. También se consideró la muestra de conclusiones, de modo significativo las recomendaciones, bibliografía y anexos

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la investigación

1.1.1 Nivel Internacional

Jiang et al., (2021) en su estudio titulado “*Mechanical properties of graphene nanoplatelets-reinforced concrete prepared with different dispersion techniques*” traducida al castellano como “Propiedades mecánicas del concreto armado con nano plaquetas de grafeno preparada con diferentes técnicas de dispersión”, tesis realizada en Turquía en la Universidad de Kirikkale en el departamento de Ingeniería Civil, también realizada en USA en la Universidad de Virginia en el departamento de Sistemas de ingeniería y medio ambiente; el objetivo principal de esta investigación es evaluar el impacto de las nanoplaquetas de grafeno en las propiedades mecánicas de los compuestos cementosos con agregados gruesos. Para ello, se elaboraron diferentes mezclas de concreto que incorporaron nanoplaquetas de grafeno (GNPs) en concentraciones que oscilaban entre el 0.025% y el 0.10% del peso del cemento. El método utilizado fue la dispersión húmeda, empleando mezclas de alto cizallamiento y un superplastificante de policarboxilato para distribuir las GNPs en el agua. Se investigaron diversos parámetros de dispersión, como el uso de mezcla de alto cizallamiento y se emplearon ultrasonidos, una mezcla de alto cizallamiento en los nanotubos de grafeno mediante el método de dispersión. La dispersión se evaluó utilizando técnicas como la microscopía óptica, la espectroscopía Raman y la microscopía electrónica de barrido. Para analizar el efecto de las GNP en las propiedades mecánicas del concreto, se realizaron pruebas de resistencia a la compresión y a

la flexión. Los resultados mostraron que agregar un 0.025% de GNP a la mezcla de concreto incrementó la resistencia a la compresión en un 17%, sin observarse un cambio significativo en la resistencia a la flexión. Con una concentración del 0.10% de GNP, la resistencia a la compresión aumentó hasta un 22%.

De acuerdo a Jaramillo & Kalfat, (2023) en su investigación titulada *“Fresh and hardened performance of concrete enhanced with graphene nanoplatelets (GNPs)”* que en español se traduce como “Rendimiento fresco y endurecido del hormigón mejorado con nanoplaquetas de grafeno (NPG)” de la escuela de Ingeniería Civil en la Universidad Tecnológica de Swinburne, Australia, el objetivo principal de este estudio es analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto al incorporar nanoplaquetas de grafeno. Para ello, se diseñaron siete mezclas diferentes, con proporciones de nanoplaquetas de grafeno de 0.05%, 0.10%, 0.15%, 0.20%, 0.25%, 0.30% y 0.35% respecto al peso del cemento. Se evaluaron los efectos de estas nanoplaquetas en la densidad, la trabajabilidad aparente, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del concreto. Los resultados mostraron que una concentración óptima del 0.25% de nanoplaquetas de grafeno, en relación con el peso del cemento, incrementó la resistencia a la compresión en un 20.7% y la resistencia a la flexión en un 8.8%. Sin embargo, esta misma concentración redujo la trabajabilidad en más del 50% en comparación con las muestras control. Finalmente, la densidad aparente del concreto no se vio afectada por la adición de nanoplaquetas de grafeno.

En la investigación de Zhang et al., (2021) *“Effect of Graphene Nanoplatelet on the Carbonation Depth of Concrete under Changing Climate Conditions”* traducido al español “Efecto de las nanoplaquetas de grafeno sobre la

profundidad de carbonatación del hormigón en condiciones climáticas cambiantes” esta investigación se realizó en China por varios estudiantes del Instituto Tecnológico de Harbin, se determinó que el objetivo principal es evaluar los efectos de las nanoplaquetas de grafeno en la profundidad de carbonatación del hormigón bajo condiciones climáticas variables, como temperatura y humedad, comparándolo con un concreto ordinario (concreto patrón). Para este estudio, se utilizó una proporción de nanoplaquetas de grafeno (NPG) del 0.05% respecto al peso del cemento, en un entorno con concentraciones variables de CO₂. Los resultados mostraron que la profundidad de carbonatación en el concreto con nanoplaquetas de grafeno es entre un 10% y un 20% menor que en el concreto convencional. Además, cuando la temperatura ambiental es inferior a 33 °C, el concreto con grafeno presenta menos carbonatación que el concreto ordinario. En conclusión, los investigadores señalaron que las nanoplaquetas de grafeno mejoran el desempeño del hormigón frente a la carbonatación en condiciones climáticas variables y extremas.

De acuerdo a Ghani et al., (2024) *“Mechanical and environmental evaluation of PET plastic-graphene nano platelets concrete mixes for sustainable construction”* traducido al español “Evaluación mecánica y ambiental de mezclas de hormigón de nanoplaquetas de plástico PET y grafeno para la construcción sostenible”, otro estudio realizado en China en la universidad del Sur de China, donde presenta como objetivo principal la integración de nanoplaquetas de grafeno en la mezcla de hormigón utilizando diferentes proporciones, los diseños de mezclas de las diferentes proporciones fueron de 0.03%, 0.05%, 0.08% y 0.10% de nanoplaquetas de grafeno con respecto al peso del cemento, se realizaron

diferentes ensayos como la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, también se realizó una evaluación del impacto ambiental del hormigón analizando el contenido de carbono y evaluando su ecoeficiencia. Los resultados de la investigación se obtuvieron que la incorporación de 0.1% de nanoplaquetas de grafeno dieron un aumento de 9% en la resistencia a la compresión y un 4.40% en la resistencia a la flexión respectivamente. Se concluyó que la incorporación de nanoplaquetas de grafeno aumenta la resistencia a la compresión. Los resultados del estudio ambiental ayudan a reducir las emisiones de carbono en más de 7.14% respectivamente.

Según Mohsen et al., (2023) “*Hybrid effect of GNPs, GOs, and CNTs on the flexural and compressive strengths of cement paste*”, traducido al español “Efecto híbrido de GNP, GO y CNT sobre las resistencias a flexión y compresión de la pasta de cemento”, investigación de ingeniería civil y arquitectónica de la universidad de Qatar, Doha, Qatar, en esta investigación señalan que el uso de nanoplaquetas de grafeno, óxido de grafeno y nanotubos de carbono, como objetivo principal es hallar la resistencia a la flexión y compresión del concreto incorporando los materiales mencionados anteriormente, se elaboraron diferentes mezclas con los diferentes tipos de grafeno y se probaron después de 90 días. Los resultados que obtuvieron fueron que la resistencia a la flexión de óxido de grafeno fue que la proporción de 0.04% respecto al peso del cemento aumenta en un 57.33%, la proporción de 0.08% de nanotubos de carbono aumento 44.03%, en términos de resistencia a la compresión las nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.04% con respecto al peso del cemento aumento la resistencia en un 15.7% en comparación con la mezcla control. En conclusión, los investigadores confirmaron que la máxima

resistencia a la compresión y la máxima flexión se obtiene con la fracción de peso de nanofilamentos más baja que es el 0.04% respecto al peso del cemento.

1.1.2 Nivel Nacional

Choque, (2021) en su investigación “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto f'c 210 kg/cm², agregando grafeno”, menciona en su tema de investigación aportará conocimientos a nuevas formas de diseñar un concreto, mejorando sus propiedades mecánicas mediante el uso de nanotecnología, dando un nuevo enfoque hacia una nueva alternativa de construcción sostenible. Como objetivo general es elaborar 5 diseños de mezclas, una muestra base o concreto patrón, la segunda proporción incorporando 0.1% de grafeno, la tercera proporción es de 0.2% de grafeno, la cuarta proporción es incorporando 0.3% de grafeno y la quinta proporción es de 0.4% de grafeno. Se moldearon 120 probetas de concreto de las cuales 60 se evaluaron para la resistencia a la compresión, 30 ensayadas para la flexión y las últimas 30 fueron ensayadas para la tracción. Después de 28 días se realizaron los ensayos, se obtuvo como resultado que, para la resistencia a la compresión, el diseño de mezcla adicionándole 0.4% de grafeno se obtuvo como valor máximo 285.992 kg/cm², también es necesario mencionar que las probetas con los distintos porcentajes de grafeno también se obtuvo un aumento en la resistencia a la compresión. De igual modo, en los ensayos a flexión y tracción los resultados que alcanzaron los valores máximos son incorporando 0.4% de grafeno y los resultados fueron de 44.80 kg/cm² para la flexión y 46.30 kg/cm² para la tracción respectivamente. Como conclusión se tuvo que un control adecuado en el diseño, una buena dosificación y con la adición de 0.4% de grafeno se puede llegar a una elevada resistencia a la compresión del concreto, esta es la que más

expectativas se tenía.

Bonilla, (2023) en su investigación “Evaluación de las propiedades en estado endurecido del concreto $f'c$ 210 kg/cm² adicionando nanoplaquetas de grafeno, Chiclayo”; el objetivo general de este estudio es evaluar el impacto de añadir nanomateriales, específicamente nanoplaquetas de grafeno (NPG), con el fin de mejorar las propiedades del concreto en su estado endurecido. Se prepararon tres mezclas diferentes incorporando nanoplaquetas de grafeno en proporciones de 0.10%, 0.15% y 0.20% del peso del cemento. Se moldearon probetas cilíndricas, prismáticas, núcleos y dados de concreto para determinar la resistencia a la compresión y la durabilidad del material. Para evaluar la resistencia a la compresión, las probetas se curaron y se ensayaron a los 7, 14 y 28 días. Para evaluar la durabilidad, las pruebas se realizaron a los 28 y 105 días, según el tipo de ensayo. Los resultados mostraron que la adición de un 0.10% de nanoplaquetas de grafeno aumentó la resistencia a la compresión en un 7.61% con cemento Tipo I y en un 6.24% con cemento Tipo V. En cuanto a la durabilidad, la expansión frente al sulfato de sodio fue menor que la del concreto patrón; no se observaron alteraciones frente al sulfato de magnesio; la durabilidad frente al desgaste mejoró en un 0.02%; y la profundidad de penetración de agua disminuyó en un 1.25%.

Montañez & Zavala (2020) menciona en su investigación “Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm² Lima- 2020”; el objetivo general fue emplear grafeno en concentraciones del 0.50% y 1.00% para mejorar la durabilidad del concreto. Se realizaron ensayos de resistencia a compresión en probetas cilíndricas, donde los resultados mostraron que, a los 28 días de curado, el concreto patrón alcanzó una resistencia máxima de

208.8 kg/cm². Con la adición del 0.50% de grafeno, se logró una resistencia máxima de 265.1 kg/cm², mientras que con el 1.00% de grafeno, la resistencia máxima fue de 246.46 kg/cm². Además, se llevó a cabo un ensayo de congelación y descongelación en 27 probetas de concreto. Después de 5 ciclos de exposición, se evaluó la resistencia a compresión, donde el concreto patrón alcanzó un esfuerzo máximo de 209.9 kg/cm² a los 28 días de diseño. Con la adición del 0.50% de grafeno, la resistencia a compresión fue de 263.4 kg/cm², y con el 1.00% de grafeno, fue de 247.5 kg/cm².

Flores & Vasquez (2022), “Nanopartículas de grafeno para mejorar las propiedades físico mecánicas del concreto”; se estableció el objetivo principal es estudiar las nanopartículas de grafeno para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto tanto en estado fresco como endurecido. Según los datos proporcionados por las fuentes, la inclusión de grafeno en proporciones de entre 0.02% y 0.04% respecto al peso del cemento aumenta la resistencia a la compresión en un 10%. Respecto a la durabilidad, se observa que el grafeno contribuye a reducir la absorción de agua y la penetración de agentes dañinos como cloruro y sulfato, así como a hacer al concreto menos vulnerable a sustancias ácidas presentes en el ambiente, como el smog o la lluvia ácida. Además, la incorporación de grafeno modifica la estructura de los poros, dificultando la entrada de agua y sustancias disueltas que puedan debilitar el concreto. En resumen, la inclusión de grafeno y sus propiedades representan una innovación e investigación en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Según Chávez et al., (2022), en su artículo de revista “Investigación científica del grafeno en la industria de la construcción” menciona sobre el grafeno y sus

posibilidades dentro de la industria de la construcción. La industria del grafeno se encarga de producir, explotar y manipular recursos para construir bienes en las ciudades modernas como son los edificios, autopistas, veredas, aeropuertos, entre obras de envergadura, pero a su vez se enfrenta grandes desafíos como la contaminación ambiental y el uso excesivo de recursos. Como objetivo principal de este artículo de revista busca explicar por qué el grafeno es un buen material para mejorar el rubro de la construcción. Como resultado se obtuvo que el grafeno es una solución favorable e innovadora en el rubro de la construcción para disminuir los costos de los materiales a emplear, uno de los resultados más significativos disminuir la contaminación ambiental y por último aumentar la eficiencia de las propiedades del concreto.

1.2 Justificación de la investigación

Este estudio posibilitó la evaluación del desempeño de las nanoplaquetas de grafeno como un aditivo nanotecnológico y sus impactos en las características del concreto. A través de esta revisión, se busca identificar métodos adecuados para implementar esta tecnología, la cual reducirá los costos a largo plazo al disminuir la necesidad de mantenimiento y permitirá la construcción de estructuras más sólidas y resistentes a los elementos. Justificación práctica detrás de esta investigación es demostrar cómo las nanoplaquetas de grafeno pueden ser empleadas como aditivo en el concreto de resistencia especificada a compresión de 175 kg/cm² (f'c 175 kg/cm²). Este compuesto posee la capacidad de mejorar la durabilidad frente a agentes químicos y aumentar la resistencia a la congelación, cualidades cruciales en las estructuras de concreto. Por consiguiente, el objetivo es desarrollar un concreto más durable que disminuya los gastos de mantenimiento de los edificios. De manera similar, las nanopartículas de grafeno pueden obtenerse a partir de desechos con la inclusión de materiales con un alto contenido de carbono, como caucho, desechos orgánicos, carbón vegetal y plásticos, tiene como resultado una

disminución de la contaminación al mejorar la durabilidad del concreto, reducir la cantidad de residuos y convertir algunos en otros, lo que contribuye a la preservación del medio ambiente.

1.3 Importancia de la investigación

1.3.1 Importancia social

Las condiciones deficientes de diversas estructuras de concreto generan un riesgo latente al presentarse vulnerabilidad y deterioro en muchas de las construcciones lo cual significaría un daño al conjunto de familias que habitan el lugar. Esta investigación otorga un aporte para aquellas personas que sean propietarias o profesionales los cuales puedan tener como referencia este estudio experimental y donde se comprueba como las nanoplaquetas de grafeno mejora la impermeabilización del concreto; brindando mayor seguridad en el caso de que alguna edificación se encuentre dentro del riesgo de llegar a colapsar.

1.3.2 Importancia Económica

Debido a los estudios escasos del concreto expuesto a los ciclos de congelación y descongelación, lo que implicaría un gasto desmedido para las familias y para las autoridades ya que tendrían que realizar reparaciones cada cierto tiempo desestabilizándolos económicamente por un gasto que se podría evitar.

El desarrollar esta investigación, permitirá orientar a los usuarios especialmente a los que viven en zonas con cambios climáticos cambiantes, a enfocarse en realizar trabajos de construcción con los materiales correctos para que se puedan tomar medidas de mitigación y de esa forma evitar futuros gastos para la reparación o demolición de sus estructuras.

1.3.3 Importancia Técnica

La inclusión de materiales nanotecnológicos, como las nanopartículas de grafeno, al concreto resulta significativa no solo por su capacidad para

mejorar las propiedades físico-mecánicas del material, sino también por su capacidad para aumentar su durabilidad y proporcionarles resistencia frente a sustancias químicas corrosivas u otras que pueden iniciar reacciones de óxido-reducción, lo cual debilitaría la estructura interna. Este avance permite la mejora de las construcciones convencionales que utilizan concreto, disminuyendo las necesidades de mantenimiento y previniendo posibles daños.

1.4 Alcance

La comparación de resultados en laboratorio son la base de la investigación presentada, el estudio de la resistencia del concreto, la exposición de los ciclos de congelamiento y descongelamiento en las probetas de concreto.

El proceso de realización de los ensayos tuvo previa coordinación con un laboratorio del distrito para que brinde mayor fiabilidad al usar los implementos necesarios para elaborar las probetas y realizar los ensayos correspondientes.

1.5 Limitaciones de la investigación

Las limitaciones para el presente proyecto fueron la falta de empresas ligadas a la venta de nanoplaquetas de grafeno en Perú y la mínima cantidad fuentes de información acerca de las nanoplaquetas de grafeno

1.6 Viabilidad de la investigación

1.6.1 Viabilidad Operativa

El desarrollo de ensayos en la presente investigación está respaldado por el apoyo de expertos contando con los equipos necesarios y la certificación de calibración.

1.6.2 Viabilidad Financiera

Los recursos utilizados fueron propios por lo que limitadamente se pudo alcanzar para la realización de los ensayos.

1.6.3 Viabilidad Social

La investigación presentada tiene una utilidad abordar problemas prácticos en la construcción y mantenimiento de infraestructuras, lo cual es altamente relevante para las comunidades que dependen de estructuras seguras y duraderas. La investigación fomenta la innovación en el campo de la construcción, promoviendo el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales. Esto puede llevar a la creación de empleos y al fortalecimiento del sector de la construcción, beneficiando así a la economía local y nacional.

1.7 Impacto de la investigación

1.7.1 Impacto Teórico

El propósito principal es ampliar el conocimiento sobre el concreto y su comportamiento al agregarle aditivos. Esta investigación se centrará en el uso de nanoplaquetas de grafeno y proporcionará información sobre sus aplicaciones y beneficios. Además, tiene como objetivo demostrar cómo las nanoplaquetas de grafeno pueden servir como aditivo en el concreto de resistencia F'C 175 kg/cm². Este compuesto se caracteriza por mejorar la durabilidad frente a agentes químicos, la resistencia a la congelación y la permeabilidad, cualidades esenciales en una estructura de concreto. El objetivo final es lograr un concreto más duradero que reduzca los costos de mantenimiento. Los beneficiarios principales serían los ciudadanos que habitan en zonas con temperaturas bajas, ya que las veredas sufren de agrietamientos constantes por la congelación y descongelación del concreto, personal en el rubro de la construcción, donde logrará la mejora del concreto y por ende una vida útil y durabilidad óptima para el concreto y todos en cuanto requieran aprender y hacer frente al mismo problema que yo he planteado, la forma de beneficiarse sería tanto teórica como práctica, es decir manejarían las herramientas necesarias posterior a la culminación de la presente tesis.

1.7.2 Impacto Práctico

Esta investigación y su desarrollo podrá beneficiar a todos los ingenieros civiles lo cual justifica la importancia de contar con profesionales que manejen criterios técnicos al momento de realizar una edificación, de esta forma se recomendará como las nanoplaquetas de grafeno contiene propiedades para mejorar la resistencia a la compresión, la agresividad química del medio ambiente y se indicará si es necesario contar con medidas de protección para las estructuras, ello con el fin de aumentar la durabilidad de las estructuras para evitar efectos secundarios negativos como los colapsos.

1.8 Bases Teóricas

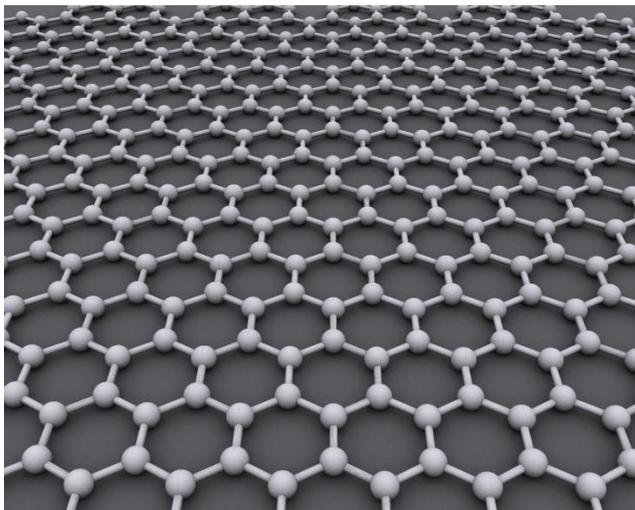
1.8.1 Grafeno

Según Perez, J. (2022) menciona que el grafeno fue descubierto por primera vez a inicios del siglo XX exactamente en el año 1915. Gracias a este descubrimientos los científicos fueron condecorados con el Premio Nobel, por haber sido los primeros en estudiar la estructura y algunas de las otras aplicaciones de lo que se conoce como grafito el cual está compuesto por láminas de grafeno. En ese año cuando descubren el grafeno ninguno de los científicos de principios de siglo XX se les ocurrió la idea de separar una sola lámina de ese grafito y estudiar sus características. Para esto se tuvo que esperar casi 100 años después de su descubrimiento, exactamente en el año 2004, cuando dos científicos rusos de la universidad de Manchester, André Geim y Konstantin Novoselov decidieron estudiar el grafito pero esta vez ellos decidieron investigar las propiedades de una sola lámina de grafeno descubriendo de esta manera el extraordinario material. Por tal logro ambos recibieron el Premio Nobel de física en el año 2010.

Según el Grupo PCC, (2022) indica que el grafeno reside principalmente en su bidimensionalidad. Esto quiere decir que físicamente, es una capa de átomos de carbono individuales dispuestos en un patrón hexagonal, que se puede comparar visualmente a un panal con su forma hexagonal, también se ha demostrado ser un buen conductor del calor y la electricidad. Y a su vez se caracteriza por una baja resistencia activa.

Figura1

Estructura del grafeno



Nota. Estructura del grafeno a nivel bidimensional. Tomado de Grupo PCC (2022).

Según Flores, J. & Vasquez, J. (2022) indica que el grafito, el diamante y los nanotubos de carbono han establecido registros por su resistencia mecánica excepcional, y el grafeno, aunque similar, no es tan reconocido por sus propiedades mecánicas como lo son por sus características ópticas y electrónicas. Sin embargo, su alta resistencia mecánica, junto con el costo relativamente bajo del grafeno delgado y su capacidad para mezclarse con óxido de grafeno en matrices, lleva a

la conclusión de que el grafeno puede ser considerado como un refuerzo mecánico adecuado.

Según Comunicacae Newswire, Spain, (2022), menciona que al incorporar tecnología de Graphenano Smart Materials para poder disminuir su huella de carbono y mejorar hormigones. Consiste en la fabricación de estructuras de hormigón prefabricado de alta calidad con productos certificados con una importante reducción de la huella de carbono, este consiste en incorporar la tecnología de nanoplaquetas de grafeno y también permite reducir hasta un 30% el consumo de cemento. El responsable de dicho ahorro es el conocido como "material de Dios", el grafeno. Por su elevada resistencia a la tracción y al desgaste, el grafeno se convierte en el complemento idóneo para el hormigón y el cemento. El aditivo de nanoplaquetas de grafeno mejora significativamente la durabilidad del hormigón al abordar diversos aspectos que pueden afectar su desempeño a lo largo del tiempo. Al fortalecer la resistencia a factores como la carbonatación, la presencia de cloruros y sulfatos, este producto contribuye notablemente a prolongar la vida útil del hormigón. Se vuelve casi impenetrable frente a potenciales daños causados por factores externos. Si la vida útil estimada de un edificio es actualmente de 50 años, con la integración del grafeno, podría extenderse en 30 años adicionales.

Sin embargo, este aditivo no se limita únicamente a edificaciones, sino que puede ser utilizado en una amplia variedad de estructuras, como puentes, represas, túneles, plantas industriales y puertos. Resulta especialmente beneficioso para infraestructuras marítimas, donde el hormigón está constantemente expuesto a los efectos corrosivos de los sulfatos y cloruros. La situación se complica aún más cuando el material permanece sumergido bajo el agua durante extensos períodos.

En tales circunstancias, el grafeno funciona como una capa impermeable excepcional para la estructura. Una característica que también aborda los desafíos de los ciclos de hielo y deshielo en las construcciones ubicadas en áreas frías.

Nanoplaquetas de grafeno:

Según Racho, A. (2023) menciona que las nanoplaquetas de grafeno (NPG) son producidas mediante la reducción del óxido de grafeno mediante calor, así como mediante la agrupación de láminas de grafeno en forma de plaqueta. Estos materiales se obtienen del grafito natural utilizando métodos como el choque térmico, la exfoliación química, el plasma o la fuerza de cizallamiento.

Figura2

Nanoplaquetas de grafeno

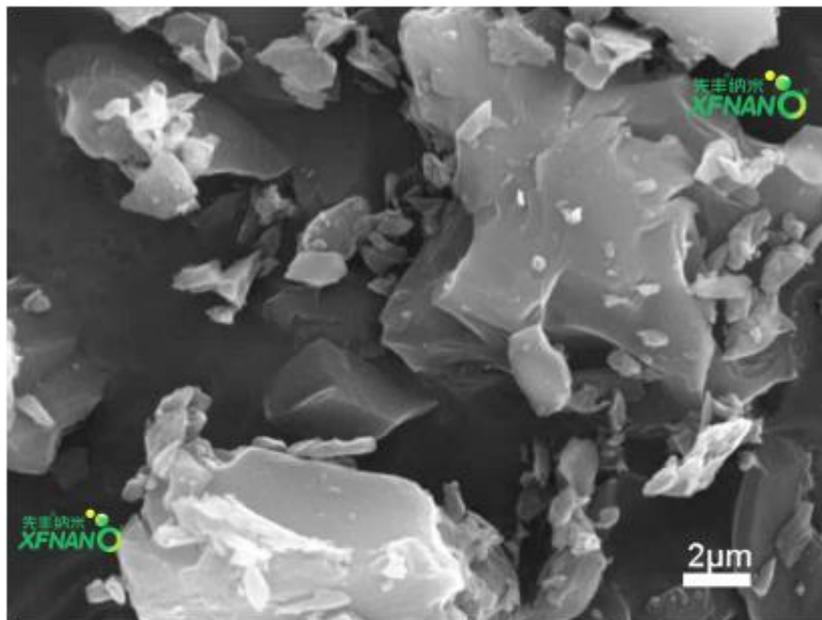


图 3

图 1-3 超级电容器用活性炭 SEM 图

Nota. Nanoplaquetas de grafeno de capa fina obtenida con el uso del microscopio de barrido. Tomado de XFNANO (2023).

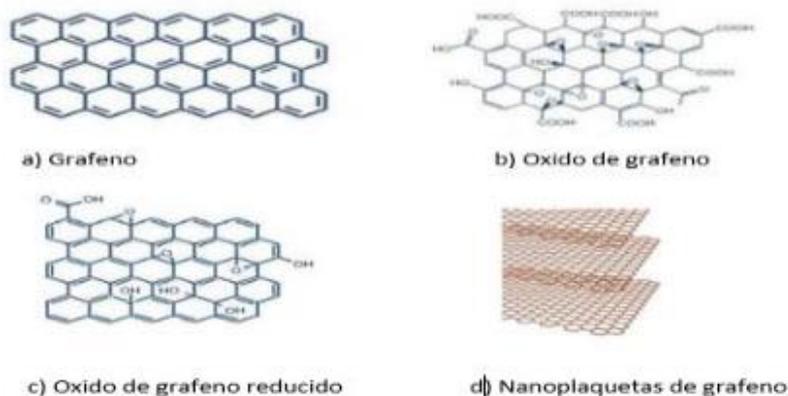
Se les conoce como nanoplaquetas de carbono, son láminas de grafeno conformadas en una estructura 2D de carbono con espesor igual a un nanómetro, se presenta en una configuración plana o laminar, compuesta internamente por átomos de carbono organizados en una estructura hexagonal, con una morfología singular.

Las propiedades de las nanoplaquetas de grafeno incluyen una dureza considerable, comparable al diamante, así como elasticidad, flexibilidad, alta conductividad eléctrica y térmica. Además, es un material ligero y altamente resistente a las reacciones iónicas, lo que le confiere mayor resistencia a la filtración de agentes contaminantes como los cloruros o sulfatos. En la pasta de cemento, estas nanoplaquetas tienen la capacidad de transformar y mejorar el rendimiento de los productos a una escala macro. Además, algunos expertos consideran que es un aditivo versátil para la mayoría de los materiales del planeta.

Las nanoplaquetas de grafeno (NPG) o nanoplaquetas de carbono es un material en escala nano es decir que cada una de las partículas, la unidad de medida nanométrica, equivalente a una millonésima parte de un metro ($1\text{nm}=10^{-9}\text{ m}$), puede ser obtenida naturalmente a través de las cenizas producidas por la actividad volcánica o de forma accidental en procesos industriales, como el humo generado por la soldadura. Además, existen nanomateriales fabricados específicamente con propiedades diseñadas, tales como propiedades eléctricas, mecánicas u ópticas, como las nanopartículas derivadas del grafeno.

Figura3

Estructura de las nanopartículas del grafeno



Nota. Diferentes formas del grafeno: a) grafeno b) oxido de grafeno c) oxido de grafeno d) nanoplaquetas de grafeno. Tomado de Racho (2023).

Tabla1

Características de las Nanoplaquetas de grafeno

Nombre del producto	Nanoplaquetas de grafeno de capa fina
Contenido de carbono	>99 %
Contenido de cenizas	<1 %
Diámetro de pieza	1-10 μm
Espesor	2-3 nm
Contenido de humedad	<2 %
Conductividad	500 - 600 S/cm
Densidad aparente	0,03 - 0,05 g/cm ³
Densidad del grifo	0,04 - 0,06 g/cm ³
Aspecto	Polvo gris negro

Nota. Se muestra cada característica con su debido porcentaje en base a las nanoplaquetas de grafeno. Tomado de XFNANO (2024).

1.8.2 Durabilidad en el concreto

Según Silva, O. (2022) menciona que la durabilidad del concreto puede definirse como la capacidad para soportar la acción del medio ambiente circundante, los ataques mas comunes son los químicos, biológicos, la abrasión y cualquier otro proceso de deterioro. Para prevenir que el concreto sea menos durable a estos ataques es fundamental que el concreto se diseñe con una mezcla suficientemente compensada de tal manera que sea resistente, homogéneo, compacto y mínimamente poroso.

Según Concreplus, (2020) define la durabilidad del concreto como la capacidad que tienen las estructuras para mantener sus propiedades de concreto, en condiciones físicas y químicas durante su vida útil. Durante este periodo el material es sometido a la degradación por efectos del medio ambiente, biológicos, químicos y otros procesos de deterioro.

Los elementos que conforman el concreto, lo hacen el material más atractivo en la construcción, ya que ofrece una gran resistencia por costo, se puede moldear de diferentes formas, es durable y tiene una alta resistencia a la compresión.

Concreplus tambien indica que el concreto de mejor calidad será el que mayor durabilidad obtenga.

Según Becosan, (2021) indica que se considera conceptos para la durabilidad del hormigón, se hace mucha mencion a la vida util. Es por esto que es importante analizar los siguientes conceptos:

Tabla2

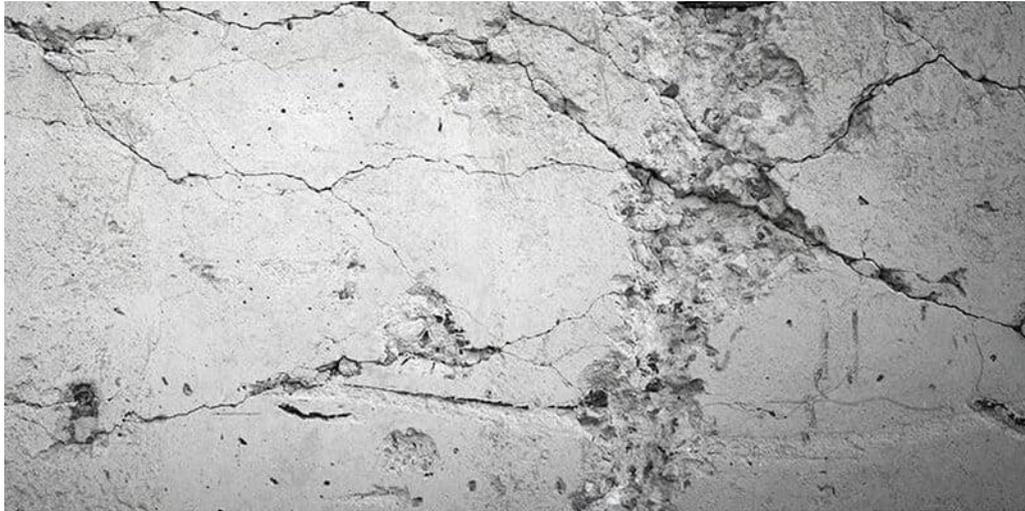
Conceptos para la durabilidad del hormigón

De servicio:	Se refiere al lapso que va desde la construcción de la estructura hasta que esta experimenta un nivel significativo de deterioro.
Total:	Es el periodo que abarca desde la construcción hasta el colapso completo de la obra.
Residual:	Indica el tiempo que transcurre desde la fecha de supervisión hasta que la estructura finaliza su función.
Útil:	Es el tiempo necesario para que un agente agresor comience a deteriorar el hormigón, rompiendo su barrera de protección, aunque sin comprometer la integridad de la estructura.
Prevista:	Se refiere al periodo de tiempo para el cual se diseñó la estructura, basándose en requisitos de seguridad, comportamiento, durabilidad, estructurales, funcionales y arquitectónicos.

Nota. Se detalla cada concepto sobre la durabilidad del hormigón desde la construcción hasta su fase final. Tomado de Becosan (2021).

Figura4

Fisuración del hormigón causada por climas fríos



Nota. Agrietamiento del concreto por causa de los ciclos de congelación y descongelación. Tomado de Becosan (2021).

También se indica que varios factores que perjudican la durabilidad del concreto, son:

- La implementación de sistemas de protección.
- La calidad en la ejecución de la estructura.
- El diseño estructural de la edificación.
- Los elementos presentes en la mezcla de concreto.
- Las condiciones ambientales.

Dentro de estos factores, se destacan la exposición ambiental y las características de una mezcla de concreto adecuada.

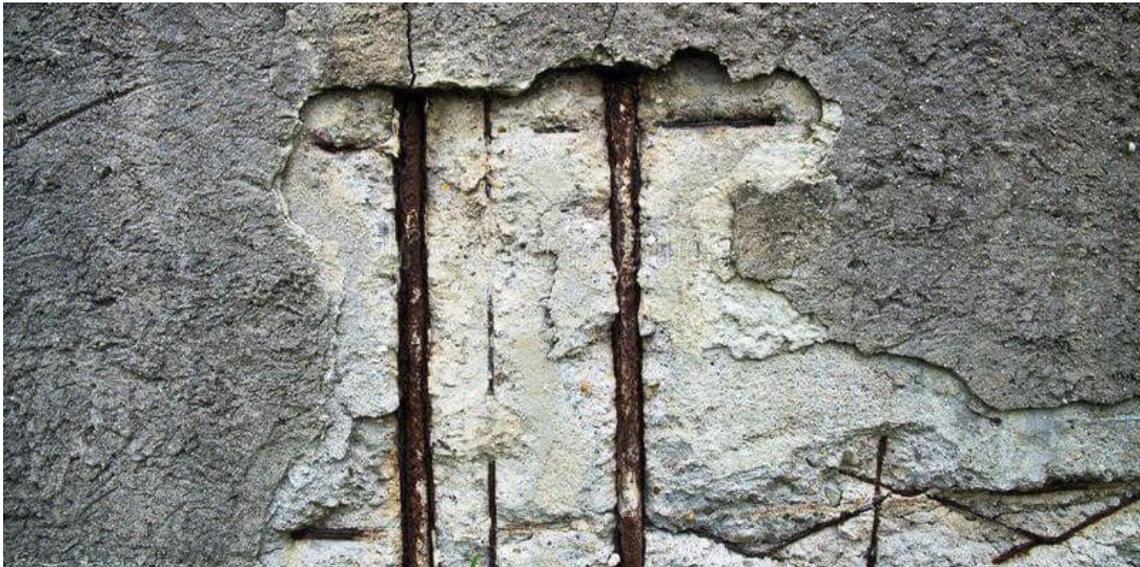
La exposición ambiental implica que las estructuras de concreto están constantemente expuestas a diversos tipos de acciones, como químicas, físicas u

otras, que pueden resultar en su degradación. Esto puede incluir ataques directos al concreto o la corrosión de la armadura.

En resumen, estos son los agentes generales de exposición que afectan la degradación del concreto.

Figura5

La exposición a la intemperie afecta el concreto



Nota. Acero en mal estado causado por el intemperismo. Tomado de Becosan (2021)

Ataques físicos:

El deterioro del concreto puede ser provocado por acciones físicas como:

- Cavitación, erosión y abrasión.
- La temperatura producida durante el proceso de hidratación del cemento, que puede resultar en fisuras y contracciones con el tiempo.

- La penetración de agua en el concreto que, al congelarse, puede causar daños.

Acciones mecánicas: Factores relacionados con acciones mecánicas incluyen abrasión, vibraciones excesivas, impactos, deformaciones, sobrecargas, fluencia, deflexiones y movimientos excesivos.

Reacciones biológicas: La disminución del pH en la superficie del concreto crea condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos de origen vegetal o animal, lo que puede afectar su durabilidad.

Acciones químicas: La resistencia del concreto a los ataques químicos depende de la distribución y tamaño de los poros, y de su permeabilidad. Estos ataques pueden provenir de:

- Compuestos insolubles.
- Disolución de compuestos solubles en el concreto, formación de sales solubles o su extracción.

La resistencia a estos ataques químicos se incrementa con una baja relación agua/cemento, el contenido y tipo de cemento adecuados, y una baja absorción del concreto.

Mezcla del concreto:

Es crucial que la mezcla del concreto resulte en un material resistente, poco poroso, homogéneo y compacto.

Los aspectos a considerar para lograr una mezcla de concreto duradera incluyen:

Figura6

La mezcla es importante para la durabilidad del concreto



Nota. Vaceado de concreto. Tomado de Becosan (2021)

- Permeabilidad: Se refiere a la facilidad con la que un fluido puede atravesar el concreto debido a las diferencias de presión entre sus superficies. La permeabilidad al agua del concreto depende de los vacíos creados por procesos de compactación inadecuados, la granulometría y permeabilidad de los agregados, y la permeabilidad de la pasta de cemento.
- Absorción: Es la relación entre el peso seco de una muestra de concreto que ha sido penetrada por agua y la cantidad de agua que se introduce en los poros saturables.
- Compacidad: Se refiere a la capacidad de los ingredientes sólidos del concreto para acomodarse adecuadamente, lo cual depende de la cantidad y calidad de estos ingredientes.

- Hermeticidad: Es la capacidad del concreto para retener el agua en su interior.
- Porosidad: Es la cantidad de espacios vacíos dentro del concreto, resultado del aire atrapado naturalmente y la evaporación del agua de la mezcla. Según su tamaño, estos espacios pueden ser microporos, poros capilares o poros de aire.

1.8.2.1 Ciclos de congelación y descongelación

Según Montañez, B. & Zavala, A. (2020) menciona que las regiones frías del Perú, las regiones mayormente ubicadas en la Sierra del Perú experimentan una variedad de fenómenos climáticos recurrentes, como el ciclo de hielo-deshielo. Estos ciclos impactan directamente en la calidad del concreto empleado en las edificaciones de estas zonas.

Se realizó el examen del desempeño del concreto ante los ciclos de hielo-deshielo conforme a la norma ASTM C666, además de estudios adicionales relevantes. Este enfoque implica evaluar la resistencia de muestras de concreto a los ciclos de hielo-deshielo en un entorno de laboratorio, utilizando dos procedimientos distintos para obtener los resultados.

- Procedimiento A: el ciclo completo se produce bajo agua.
- Procedimiento B: la congelación se produce al aire y el deshielo en agua.

Ambos métodos se utilizan para examinar cómo cambian las características del concreto frente a los ciclos de hielo-deshielo. En este estudio, se aplicó el

procedimiento B, con ajustes, con el fin de simular los ciclos naturales de hielo-deshielo de manera más precisa. Se establecieron dos etapas, hielo y deshielo, que se llevaron a cabo bajo dos condiciones climáticas distintas: una artificial y otra natural.

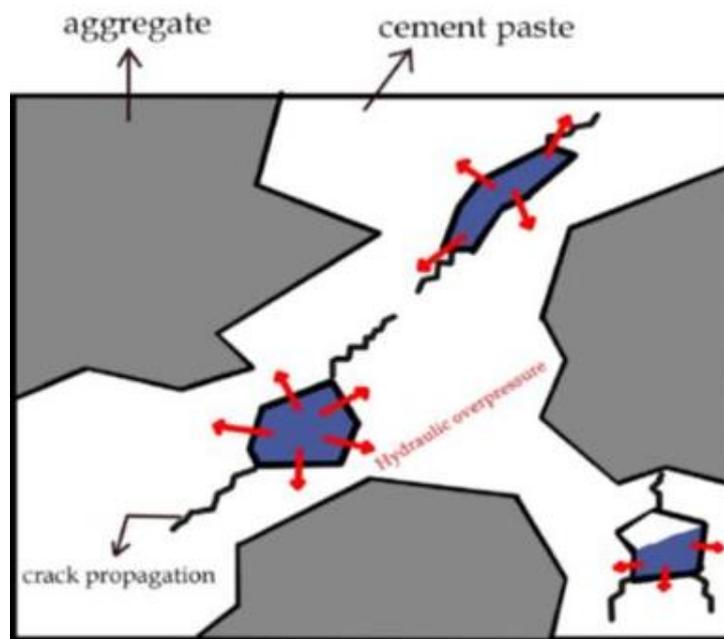
Existen varias nanopartículas que se pueden utilizar para el concreto, estas son las nano-alúmina, nano sílice y nanoplaquetas de grafeno, estas nanopartículas son favorables así sea en pequeñas dosis al utilizarlo como un aditivo, esto hace que las nanoplaquetas de grafeno sobresalga frente a estos debido a sus atributos singulares. En climas donde la temperatura es baja, el nanomaterial como las nanoplaquetas del grafeno puede resistir temperaturas extremas, lo que resulta en una mayor resistencia a las condiciones climáticas frías. Además, actúa como un agente impermeabilizante, llenando los espacios vacíos en la mezcla de cemento. Un ciclo de congelación y descongelación es un proceso en el que el agua atrapada en los poros del concreto se congela y luego se descongela repetidamente durante ciertos períodos de tiempo.

Según Villar, K. (2019) menciona que los ciclos de congelación y descongelación (hielo/deshielo) en el concreto causa dos tipos de deterioro, descascaramiento de la superficie y fisuración interna. Cuando el hielo/deshielo ocurre en ciclos frecuentes, puede causar daños acumulativos. Como se ha dicho anteriormente, el concreto es un material poroso y la mayoría de estos poros están saturados de agua. El ciclo de congelación del agua provoca que el concreto expanda su volumen alrededor de 9%. Cuando el agua de los poros del concreto se congela, esto trae una consecuencia de que se crearán presiones internas si el hielo formado no puede expandirse en poros más grandes. Estas presiones provocan que salgan

grietas que se irán propagando sobre todo por la pasta de cemento y el concreto disminuye su durabilidad.

Figura7

Poros saturados del concreto



Nota. Esquema de congelación de los poros saturados del concreto. Tomado de Villar (2019).

1.8.2.2 Impermeabilización del concreto

Según González, N. (2020) indica que la impermeabilización es el proceso para revestir y proteger elementos en la edificación que deben mantenerse secos, proteger a los usuarios de los distintos efectos del ambiente exterior y mejorar condiciones de servicio de cada estructura. La impermeabilización va ligada al concepto de servicio ya que permite conservar las propiedades iniciales de los

elementos estructurales que la conforman.

La impermeabilización en la construcción, al igual que los demás procesos de la ingeniería, ha evolucionado; debido a la inclusión de nuevos materiales y configuraciones estructurales innovadoras; es un proceso de vital importancia ya que previene los posibles daños arquitectónicos y estructurales que se puedan presentar por infiltración. Por esto es necesario crear conciencia que, en el proyecto de obra, el sistema de impermeabilización deberá considerarse como unidad integrada de la construcción, por lo tanto, se debe implementar con rigurosidad los sistemas idóneos para la impermeabilización de todos los elementos que lo necesiten, además que minimizará costos operativos a largo plazo y aumentará su vida útil.

Según Sika, (2022) define que el concreto impermeable es comparable a un concreto de alta resistencia. Es decir, se define por las propiedades del material en sí y no por su comportamiento dentro de la estructura. Un concreto de alta resistencia es aquel que tiene una resistencia a la compresión superior a 60 MPa (independientemente de su edad). Si este concreto se utiliza para formar una columna con una sección insuficiente o se sobrecarga, la columna fallará, aunque el concreto siga siendo de alta resistencia. Un concreto "impermeable" debería llamarse más correctamente concreto de baja permeabilidad, ya que el término "impermeable" podría confundirse con "irrompible". Así, los concretos que hoy se conocen como "impermeables", si tienen un espesor insuficiente o están bajo suficiente presión, pueden permitir el paso del agua..

Figura8

Concreto impermeable



Nota. Visualización de un concreto impermeable el cual no permite pasar el flujo del agua. Tomado de Sika (2022).

1.8.3 Concreto

Según Tapia, K. (2020) conceptualiza el termino como un conjunto de elementos de naturaleza, clase totalmente distinto teniendo presente materiales como H₂O, arenas, cemento y piedras.

De acuerdo a la combinación y a los materiales que se utilicen va depender la calidad del concreto, para lo cual se deberá tener en cuenta el proceso de la mezcla, el fraguado como proceso de vaciado, la adhesión de reacciones físicas y químicas, a su vez tiene que mejorar la calidad del material sin perder eficiencia de las mismas. Teniendo en cuenta que el concreto es un elemento principal dentro de las obras de construcciones civil, en algunos casos para acelerar o retardar el proceso

de graduado inicial se le agrega un tipo de aditivos, también existen aditivos que puedan mejorar la trabajabilidad, disminuir la cantidad de agua, aumentar la resistencia, etc.

Existe diversos estudios que demuestran que en el litoral Chancay-Lambayeque un promedio del 80% de las zonas logran ser afectadas por las sales contenidas en las mismas superficies lo cual no contribuye y genera la degradación de los suelos lo cual es un punto en contra cuando se trata de efectuar algún tipo de labor en base a temas de construcción.

1.8.4 Propiedades del concreto en estado fresco

Según Condor, W. (2021) define a la trabajabilidad como aquella forma de cómo manejar el concreto en estado fresco para que este pueda ser mezclado posteriormente colocado y compactado sin segregación alguna o exudación, dentro de esta propiedad también se deberá tener en cuenta el diseño de mezcla, así como los agregados o los diversos equipos que van a emplearse para la mezcla. Este paso también es considerado en termino relativo ya que podemos determinar que el concreto es trabajable de acuerdo al tipo de estructura que esté presente. Y el ensaño es mediante el cono de Abrahams donde dentro de la investigación se considera como primer punto lo establecido en la NTP 339.035, donde se indica que el ensayo realizado para obtener la trabajabilidad de la mezcla, se hará por medio de la utilización del cono Abrahams en el cual se realizará la medición del asentamiento del concreto en estado fresco.

Equipos recurrentes:

- Un cono de Abrahams de medidas 10 cm x 20 cm x 30 cm de altura

- Una varilla lisa de 5/8"
- Un flexómetro o wincha
- Una regla metálica

Nota: El tiempo admisible para obtener la muestra del concreto es de 30 min. a partir de la llegada a la zona donde se viene realizando el trabajo, cabe resaltar que no debe de sobrepasar los 15 min. dentro de la selección de muestra y ensayo.

Los pasos para proceder a este ensayo de manera correcta son: contar con el cono de Abrahams, posteriormente humedecer el interior del mismo el cual debe encontrarse ubicado sobre una superficie totalmente plana como también se puede hacer de una plancha metálica horizontal, se procede con el llenado de la primera capa del concreto hasta 1/3 del volumen del cono y con el uso de una varilla metálica se compacta dando 25 golpes sobre el cono, se repite este proceso para los otros 2/3 del volumen del cono hasta concluir con su llenado total para luego enrasar con la regla la superficie del concreto y limpiar la parte exterior del recipiente. Una vez terminado ese primer proceso, se levantará el cono de manera vertical no realizando giros ni inclinaciones, paso siguiente el cono deberá ser colocado de cabeza junto al concreto asentado y se mide el nivel de asentamiento para lo cual se debe colocar una varilla al borde del cono y con esto medir el nivel de altura (slump).

1.8.5 Propiedades del concreto en estado endurecido

Tapia, K. (2020) indica que la resistencia a la compresión cuando la propiedad alcanza su definición en base a las grandes cargas relacionadas con la compresión que podría soportar el concreto sin que este pueda debilitarse y posteriormente

romperse, para lo cual es necesario tener en cuenta un adecuado índice de calidad que las funciones de curado sean optimas y que la pasta contenida en el cemento o en la mezcla en si sea apropiadas, así como los agregados utilizados y el aditivo si es el caso.

Y esto lo podemos hallar mediante el ensayo de resistencia a la compresión es la carga máxima que se puede ejercer sobre el concreto en base a la compresión se deberían tener en cuenta los siguientes materiales. Probetas cilíndricas, varilla de 5/8", regla metálica y un mazo de goma.

Equipos:

- 1 varilla lisa de 5/8".
- Probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro x 30 cm de altura.
- Un mazo de goma.
- Una regla enrasadora metálica.

Descripción:

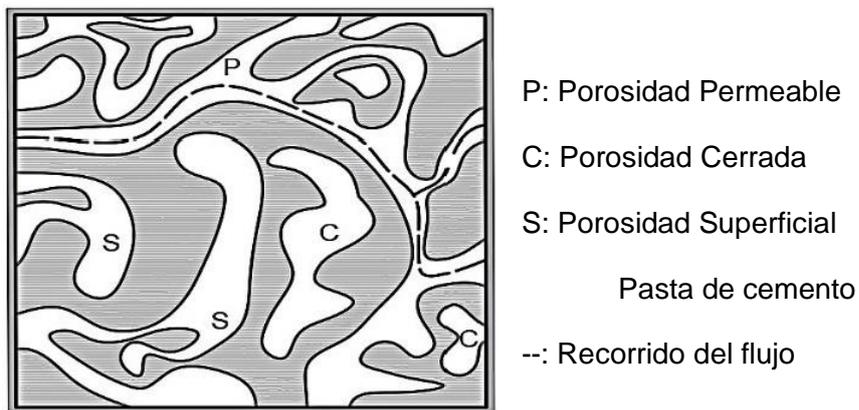
Se procede a la utilización de un molde a la cual se le aplica un aditivo desmoldante para posteriormente tener la primera capa de 1/3 del volumen del recipiente el cual es compactado 25 veces, necesariamente una cantidad de 10 a 15 golpes sobre la parte exterior del molde hasta que este puede ser llenado de manera completa, realizando este mismo procedimiento. Al transcurrir las 24 horas se pasa a desmoldar y colocar al curado sumergidos en agua durante 7, 14 y 28 días tiempo preciso para que posteriormente este sea ensayado con el equipo de la prensa hidráulica con el cual se tomara las mediciones correspondientes.

La permeabilidad se caracteriza porque permite el paso de sustancias o el agua dentro de la estructura del concreto dependiendo de la porosidad que posea ya sea en mayor o menor magnitud, esto podría evitar o no la infiltración de agentes patógenos y va a depender del cuidado que posea la estructura de la degradación para lo cual se deben de tener un límite adecuado del agua dentro de la mezcla (Fernandez, A. & Puerta, J. 2020)

Según Condor, W. (2021) menciona de manera general la diversidad de porosidades existentes dentro de un concreto, uno de los cuales vendría hacer la porosidad abierta debido a que los poros externos se encuentran conectados entre sí, o la porosidad cerrada cuando dichos poros no se encuentran conectados.

Figura9

Porosidad del Concreto



Nota. Esquema de los tres tipos de porosidad del concreto.
Tomado Condor (2021).

Ensayo de Profundidad de penetración de agua bajo presión en el concreto

Según Condor, (2021) indique que tras la aplicación de una alta presión sobre el

concreto se podría determinar el grado de la permeabilidad, hace referencia a la alta presión del agua (0.50 Mpa) con la intención de lograr determinar la porosidad del concreto y a la vez el nivel de protección con el que pueda contar a raíz de posible ingreso de componentes patógenos como son el sulfatos y cloruros que terminen dañan las estructuras con el pasar del tiempo.

Tabla3

Permeabilidad del concreto

Determinación	Unidades	Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
Profundidad de penetración	mm	<30	30 a 60	>60

Nota. Parámetros requeridos para determinar la permeabilidad en el concreto. Tomado de Condor (2021).

Procedimiento:

- 1) Elaboración probetas de 6 pulg. de diámetro y 30 cm de altura.
- 2) Realizar el curado de 28 días.
- 3) Someter las probetas a presión de agua a 0.50 Mpa por tres días.
- 4) Retirar las probetas, romper de forma longitudinal y la medición del esclerómetro para determinar la profundidad de la penetración del líquido.

1.8.6 Diseño del concreto

En la tabla N°4 se visualiza los parámetros para diseñar una mezcla de acuerdo al método de comité ACI-211, consiste en determinar la resistencia de diseño, asentamiento, contenido de aire atrapado en el concreto y módulo de fineza de agregado fino.

Tabla4

Parámetros para el diseño de mezcla

	Resistencia a la compresión específica f'_c		Resistencia promedio requerida F'_{cr}						
Resistencia de diseño	$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$		$F'_{cr} = f'_c + 70 \text{ kg/cm}^2$						
	$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$		$F'_{cr} = f'_c + 85 \text{ kg/cm}^2$						
	$f'_c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$		$F'_{cr} = 1.10 f'_c + 50 \text{ kg/cm}^2$						
Asentamiento	Agua (Lt/m ³) para tamaños máximos del agregado grueso								
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
	Sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	133	113	
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124	
6" a 7"	243	228	216	202	16	178	160	-	
Contenido de aire atrapado en el concreto	Tamaño M áximo Nominal del agregado grueso								
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
	3%	2.50%	2%	1.50%	1%	0.50%	0.30%	0.20%	
Módulo de Fineza del agregado fino	Volumen del agregado grueso según su Tamaño M áximo Nominal								
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
2.4	0.5	0.59	0.66	0.71	0.76	0.78	0.81	0.87	
2.6	0.48	0.57	0.64	0.69	0.74	0.76	0.79	0.85	
2.8	0.46	0.55	0.62	0.67	0.72	0.74	0.77	0.83	
3	0.44	0.53	0.6	0.65	0.7	0.72	0.75	0.81	

Fuente: Tapia (2020).

Tapia, (2020) de acuerdo al método de comité ACI-211 se indica los siguientes pasos para obtener una dosificación del concreto.

- 1) Determinar el $F'c$ de diseño considerando el tipo de construcción.
- 2) Calcular el $F'cr$ sumando al $F'c$ de diseño con coeficientes de seguridad, sobre todo en proyectos actuales.

Tabla5

Resistencia de diseño

Resistencia de diseño	Resistencia a la compresión específica $F'c$	Resistencia promedio requerida $F'cr$
		$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$ $210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$ $f'c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$

Nota. Requisitos para el cálculo del $f'c$, sobre el cual recae la resistencia del diseño. Fuente Tapia (2020).

- 3) Calcular la cantidad de agua solicitada para el diseño de mezcla.

Tabla6

Cantidad de agua requerida

Asentamiento	Agua (Lt/m ³) para tamaños máximos del agregado grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	Sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	133	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	16	178	160	-

Nota. Parámetros de la cantidad del agua requerida según el tamaño máximo del agregado grueso. Fuente Tapia (2020).

- 4) Se procede a identificar el contenido de aire dentro del concreto en relación con el tamaño máximo del agregado grueso.

Tabla7

Aire atrapado en el concreto

Contenido de aire atrapado en el concreto	Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	3%	2.50%	2%	1.50%	1%	0.50%	0.30%	0.20%

Nota. Parámetros para determinar el contenido de aire atrapado en el concreto según el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Fuente Tapia (2020).

- 5) Se determina el volumen de diseño del agregado grueso en función de su tamaño máximo nominal y el módulo de fineza de la arena.

Tabla8

Volumen de agregado grueso

Módulo de Fineza del agregado fino	Volumen del agregado grueso según su Tamaño Máximo Nominal							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
2.4	0.5	0.59	0.66	0.71	0.76	0.78	0.81	0.87
2.6	0.48	0.57	0.64	0.69	0.74	0.76	0.79	0.85
2.8	0.46	0.55	0.62	0.67	0.72	0.74	0.77	0.83
3	0.44	0.53	0.6	0.65	0.7	0.72	0.75	0.81

Nota. Parámetros para determinar el módulo de fineza según el tamaño máximo nominal. Fuente Tapia (2020).

- 6) Se determinan los volúmenes totales sumando el volumen del agregado

grueso, el volumen de aire atrapado en el concreto y el volumen de agua.

- 7) Se calcula el volumen del agregado fino restando de 1 m³ el volumen total de los demás materiales.
- 8) Se obtienen los pesos del agregado fino y grueso multiplicándolos por sus pesos específicos.
- 9) Se ajustan los pesos según la humedad de los agregados.
- 10) Se realiza la dosificación por volumen dividiendo todos los pesos entre el peso del cemento corregido.

Determinar la cantidad de aditivo a emplear: Se halla, multiplicando el peso del cemento por el porcentaje del aditivo. En la presente investigación se va a utilizar, 0.20%, 0.50% y 1.0% de nanoplaquetas de grafeno.

El cálculo se realizaría de la siguiente manera:

Para 0.20% = Peso del cemento * 0.20%

Para 0.50% = Peso del cemento * 0.50%

Para 1.00% = Peso del cemento * 1.00%

1.8.7 Cemento empleado en la investigación

Cemento Pacasmayo Tipo MS Antisalitre:

Empresa de Cementos Pacasmayo, (2024) este tipo de cemento brinda protección del salitre y también de la corrosión que afecta al acero. Presenta un diseño de calor de hidratación moderado por lo que su utilidad es ideal en climas cálidos

teniendo en cuenta que disminuye las formaciones posibles de fisuras.

Figura10

Cemento Pacasmayo tipo MS



Nota. Marca y tipo de cemento que se utilizó en la investigación realizada. Fuente Empresa de cementos Pacasmayo (2024).

1.8.8 Agregados

Según Indecopi en la Norma Técnica Peruana o NTP 400.012, (2018), Los agregados son denominados también áridos o inertes conformados por un conjunto de partículas ya sea de origen artificial o natural las cuales pueden ser tratados y sus dimensiones se encuentran establecida en la NTP 400.011.

Montañez, B. & Zavala, A. (2020), indica que el agregados en el concreto tiene como finalidad disminuir los costos de producción de la mezcla (actuando como un relleno eficaz que reduce la cantidad de pasta de cemento necesaria por metro cúbico), ayudar a controlar los cambios volumétricos (resultantes del fraguado, curado y secado de la mezcla de concreto) y contribuir a la resistencia final del material. La participación de este material se encuentra entre el 65% y 70% de una

mezcla de concreto. De acuerdo a la trabajabilidad es que se establece el límite de contenido de agregado grueso si esta excede dicho limite se presentara el fenómeno de segregación. Por otro lado, los agregados finos deben contar con la dosificación correcta para que se pueda otorgar una mayor trabajabilidad y de esta forma se puede otorgar cohesión caso contrario se perjudicaría tanto la manejabilidad y la resistencia del mismo concreto.

Granulometría:

a) Agregado fino

Según la Norma Técnica Peruana o NTP 400.012, (2018), de acuerdo a la granulometría se va a dividir de manera fraccionada los granos de arena los cuales deben presentarse del mismo tamaño, de acuerdo con los tamices: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y la 200.

Según Condor, W. (2021), para tener obtener una calidad optima del concreto se debe de tener en cuenta las propiedades del mortero, con mayor énfasis en la granulometría, ya que esta no puede ser modificada de la arena, en distinción lo que puede suceder con el agregado grueso que, si se llega a poder cribar, su almacenamiento no presenta dificultades y la atención se centra en el control de su homogeneidad.

Procedimiento: Primero secar el material de ensayo en una estufa a una temperatura de 110 ± 5 °C durante 24 horas, luego se organizan los tamices estándar de manera decreciente; para el agregado fino se utilizarán los tamices de 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30 y N°50 y N.º 100 y para el agregado grueso mallas de 1 Yi", 1", %, Yi", 318" y N°4. Una vez colocados se agrega el material sobre los

tamices y se tamiza de forma continua.

Módulo de Finura: El módulo de finura es un indicador utilizado para clasificar los agregados según su granulometría, lo cual impacta en el diseño de la mezcla. Se calcula sumando los porcentajes retenidos en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, y dividiendo el total entre 100. Para el agregado fino, el módulo de finura suele estar entre 2.3 y 3.1 como se muestra en la figura 11.

Figura11

Granulometría de agregado fino



Nota. Ensayo de granulometría del agregado fino para determinar qué cantidad se retiene en cada tamiz. Fuente Elaboración propia (2024).

b) Agregado grueso

Según Norma Técnica Peruana o NTP 400.012, (2018) Se trata de la forma en que las partículas de arena están distribuidas. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de agregado grueso de igual tamaño, según las aberturas de los tamices empleados. Estos tamices tienen mallas con aberturas cuadradas de 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y la N° 4.

Se considera agregado grueso al material procedente de la desintegración natural o trituración artificial de una roca o grava y que en la granulometría es retenido en la malla N.º 4, las partículas serán limpias, duras, anulares, de textura rugosa y deberá estar exento de polvo, arcillas u otras sustancias que puedan afectar la calidad de la mezcla de concreto, (Concreto Supermix, 2021).

Para el agregado grueso, el módulo de finura se determina sumando los porcentajes acumulativos retenidos y dividiéndolos por 100 y solo se consideran los tamices de 6", 3", 1 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N.º 100.

Tamaño Máximo: Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.037, (2018), es el tamiz de menor tamaño que permite el paso del 100 % del material y su importancia radica en la economía del concreto ya que a menor tamaño del agregado grueso se requiere más cemento.

Tamaño Máximo Nominal: Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.037, (2018) es el primer tamiz que retiene el material, su importancia radica para tener en cuenta las dimensiones del encofrado y espaciamiento entre los aceros de refuerzo.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de 1/5 de la

menor dimensión entre las caras del encofrado, 1/3 del peralte de la losa, o % del menor espacio libre entre barras de refuerzo.

1.8.9 Propiedades de los Agregados

a) Contenido de Humedad

Según Condor, W. (2021) es la diferencia entre el peso del agregado fino natural y el peso del agregado secado en horno a 100 - 110 °C durante 24 horas, multiplicado por 100, indica la cantidad de agua presente en el agregado grueso. Este valor (expresado en %) afecta la cantidad de agua necesaria en la preparación del concreto.

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana o NTP 339.185, (2018), es la relación entre el peso del agua contenida entre el peso de la muestra seca, siendo este ensayo de suma importancia ya que de acuerdo a la humedad del agregado se realizará la corrección del contenido de agua en el diseño de mezcla del concreto.

Equipos y materiales a emplear: Balanza de sensibilidad de 0.1 gr, un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C, un recipiente resistente al calor y una cuchara de metal.

Procedimiento: Se selecciona la cantidad necesaria de agregado, se pesa la tara, se pesa la tara + agregado y se coloca en el horno por 24 horas a una temperatura de 110 ± 5 °C, luego nuevamente se pesa la tara más agregado seco.

Se aplica la siguiente fórmula:

$$C = \frac{(A - B)}{B} * 100$$

Donde:

C = Contenido de humedad (%)

A = Peso de muestra húmeda o W_n (g)

B = Peso de la muestra seca o W_s (g)

Figura12

Peso para el contenido de humedad



Nota. Muestra de agregado fino después de salir del horno. Fuente Elaboración Propia (2024).

b) Peso unitario suelto (PUS):

Según INACAL en la Norma Técnica Peruana o NTP 400.017, (2016), el peso unitario es la relación entre el peso de un material y su volumen ocupado, su importancia radica en el diseño de mezcla para saber la proporción de los agregados.

Según Tapia, K. (2020) es el peso correspondiente a un volumen específico de agregado, expresado en kg/m³. Este valor varía según características intrínsecas de los agregados, como su forma, tamaño, granulometría y contenido de humedad, así como de factores externos, como el grado de compactación aplicado, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, y el método de consolidación utilizado, entre otros.

Equipos y materiales: Una balanza electrónica, una barra compactadora, un recipiente cilíndrico metálico y una pala de mano.

Muestra: La cantidad de muestra a emplear será de 4 kilogramos en el agregado fino el cual será mezclado por volteo 03 veces y 4 kilogramos de agregado grueso el cual mezclado por volteo 03 veces y cuarteado en 04 porciones circulares.

Procedimiento: Se procede a llenar el recipiente cilíndrico con el agregado hasta llenarlo al borde con ayuda de un cucharón metálico, para luego en la balanza pesar el recipiente con el agregado, este proceso se realiza 03 veces.

$$PUS = f * Ws$$

Donde:

PUS = Peso unitario suelto (kg/m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1 / m³)

Ws = Peso de la muestra suelta (kg)

c) Peso unitario compactado (PUC):

Es el peso unitario que se obtiene cuando se ejerce presión (compactación) al llenar el recipiente en tres capas, dando 25 golpes en cada capa con una varilla de 5/8" y 60 cm de longitud y de extremo redondeado. Es el peso por unidad de volumen después de un procedimiento de apisonado (Tapia, 2020).

Procedimiento de ensayo:

Aparatos:

Una balanza con exactitud del 0.1 %, un recipiente cilíndrico metálico, un cucharón, una barra lisa compactadora de 5/8", una regla enrasadora.

Muestra:

La cantidad de muestra a emplear será de 30 kilogramos en el agregado fino el cual será mezclado por volteo 03 veces y 30 kilogramos de agregado grueso el cual mezclado por volteo 03 veces y cuarteado en 04 porciones circulares

Procedimiento:

Se procede a llenar el recipiente hasta 1/3 de la altura del molde cilíndrico, se compacta 25 veces con la varilla lisa de 5/8", nuevamente se repite este proceso con los 2/3 de la altura del recipiente hasta llenar al borde, se enrasa el exceso de material y luego pesa en la balanza, este proceso se realiza 03 veces.

P. U= W_m/V_r , donde W_m es el peso de la muestra y V_r es el volumen del recipiente.

$$PUC = f * W_s$$

Donde:

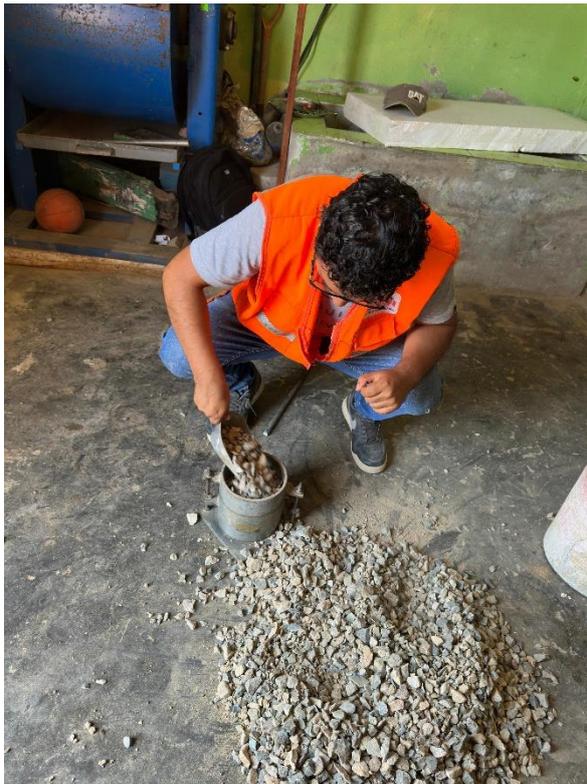
PUC = Peso unitario compactado (kg/m³)

f = Factor de calibración del recipiente (1/m³)

Ws = Peso de la muestra compactada (kg)

Figura13

Procedimiento para el peso unitario del agregado grueso



Nota. Llenado de la última capa del molde con agregado grueso. Fuente Elaboración Propia (2024).

d) Peso Específico y absorción de los agregados:

Condor, W. (2021) el peso específico es la relación entre la masa de un material y su volumen. A diferencia del peso unitario, no considera el volumen de los espacios

vacíos dentro del material. Este valor es importante para calcular la proporción de la mezcla y para garantizar que el agregado tenga un peso dentro de los parámetros normales.

➤ Procedimiento para el agregado Fino:

Equipos: Balanza de sensibilidad de 0.5 gr, un recipiente resistente al calor y una cuchara de metal, fiola de 500 ml, molde metálico de forma de cono truncado, una barra compactadora de 340 gramos.

En el caso del agregado fino se selecciona 500 gr de material el cual fue saturado durante 24 horas y luego secado al aire libre, luego se procede a separar 100 gramos para el ensayo de peso específico y otros 100 gramos para el porcentaje de absorción el cual es llevado al horno.

Primero se pesa el picnómetro vacío, luego se coloca en ella 100 gr de muestra seca superficial y se llena con agua hasta la línea de aforo para luego agitar manualmente, después se eliminan las burbujas mediante baño María y se deja reposar 24 horas para después pesar la fiola + agua + muestra. Se retira la arena de la fiola y se coloca a la estufa a 110°C, luego solamente pesar el fiola con agua hasta el marcado anterior.

Figura14

Ensayo de Absorción del agregado fino



Nota. Peso de la muestra seca para el ensayo de absorción Fuente Elaboración Propia (2024).

➤ Procedimiento para el agregado grueso:

Equipos: Balanza de sensibilidad de 0.5 gr, un horno de 110 ± 5 °C, cesta metálica, depósito de agua, tamiz N° 4.

La muestra empleada en este agregado varía de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso, por ello si el TMN es de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", 1", 1 $\frac{1}{2}$ ", 2", 2 $\frac{1}{2}$ " la muestra será de 2 kg promedio.

El material a emplear debe estar superficialmente seco, para ello primero se sumerge material durante 24 horas y luego se coloca al secado durante 24 horas al sol.

Primero se pesa la muestra necesaria para el ensayo con su condición seca

superficial, luego se procede a pesar la canastilla junto con la piedra para registrar. Después la muestra de la cesta de es llevada al horno durante 24 horas a una temperatura entre 110 ± 5 °C para obtener su peso seco.

Fórmula para el peso específico:

$$P.E = \frac{A}{V - W} * 100$$

Donde:

A: Peso muestra seca al horno

V: Peso de la muestra seca superficial

W: Peso en el agua de la muestra saturada

Fórmula para la absorción:

$$P.A = \frac{(B - A)}{A} * 100$$

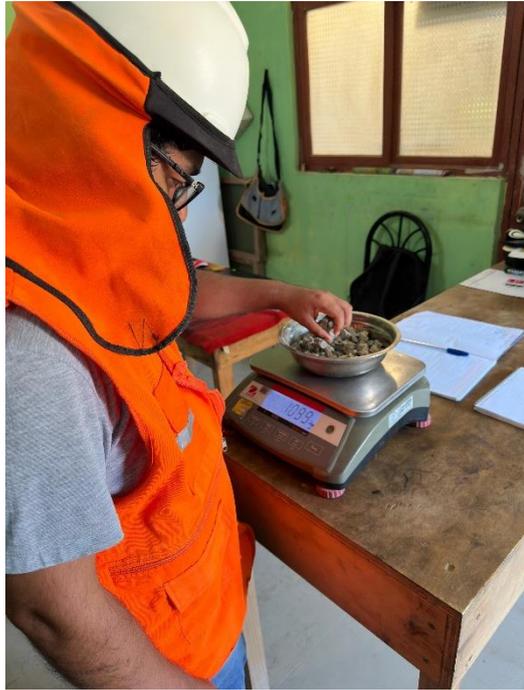
Donde:

A: Peso de la muestra seca superficial

B: Peso muestra seca al horno

Figura15

Peso de la piedra sumergida



Nota. Peso de la muestra de la piedra luego de haberla sumergido en agua. Fuente Elaboración Propia (2024).

1.8.10 Agua

Según Condor, W. (2021) el agua empleada en la fabricación de concreto debe ser pura y no contener sustancias dañinas, contaminantes, sedimentos, aceites, azúcares o productos químicos que puedan afectar la resistencia y el proceso de fraguado del cemento. Debido a que es esencial para la hidratación del cemento, la proporción agua/cemento, expresada en peso, es esencial para determinar la calidad del concreto resultante. Esta proporción es crucial ya que el exceso de agua diluye la pasta y reduce su resistencia. Casi cualquier agua natural potable, sin sabores u olores fuertes, puede ser utilizada como agua de mezcla para la

preparación del concreto. Sin embargo, también es posible usar algunas aguas no potables en la mezcla de concreto.

1.9 Definición de Términos Básicos

Nanoplaquetas de grafeno: También conocidas como nanoplacas de carbono, estas láminas de grafeno consisten en una estructura bidimensional de carbono a escala nanométrica, formadas por átomos de carbono hexagonales dispuestos en capas planas o laminadas. Su capacidad para modificar y mejorar el rendimiento de productos a gran escala los convierte en un aditivo universal para la mayoría de los materiales en el planeta, Racho, (2023).

F'c: La resistencia típica a la compresión del concreto después de 28 días es un valor que se espera que sea superado por el promedio de tres ensayos consecutivos de resistencia. Este valor representa la máxima carga o fuerza de compresión que el concreto puede soportar antes de romperse, lo que lo convierte en un indicador clave de calidad. Su rendimiento óptimo está afectado por el adecuado proceso de curado, la proporción de la pasta de cemento en la mezcla y las características de los agregados, Cotrina, N. & Cubas, Y. (2021)

Agregado: Grupo de elementos inorgánicos que se originan de manera natural tales como la piedra y arena los cuales conforman el 75 % del volumen del concreto por lo que sus características serán condicionantes para su calidad y durabilidad, Valle, S. & Mego, J. (2020).

Concreto: El concreto es una mezcla de cemento, grava, arena, aditivos y agua. Maleable en su forma líquida y de gran resistencia a la compresión en su estado sólido. Es el resultado de la combinación de una pasta cementicio, con agregados

finos y gruesos (360 en concreto, 2020).

Trabajabilidad: Según Condor, W. (2021), es la facilidad del manejo del concreto fresco para ser mezclado, colocado y compactado sin segregación y exudación, depende del diseño de mezcla y de las propiedades de los agregados o el equipo empleado para el mezclado, además es un término relativo porque un concreto se podrá considerar trabajable dependiendo del tipo de estructura.

CAPÍTULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES

Generalidades

En este capítulo se abordan temas esenciales como la formulación de la hipótesis y la identificación de las variables independientes y dependientes en el contexto de la tesis. Se enfatiza la relación fundamental entre la teoría y su aplicación práctica, ya que las hipótesis guiarán tanto la recolección como el análisis de datos, desempeñando un papel clave en su validación o refutación.

En esta perspectiva, el capítulo concerniente a las hipótesis y variables desempeña un rol fundamental en la organización de la tesis, al ofrecer un marco robusto que orienta todo el desarrollo del proceso investigativo. En los apartados siguientes, se analiza minuciosamente la elaboración tanto de la hipótesis general como de las específicas, la identificación y definición operativa de las variables de investigación, y la argumentación de la importancia de estos elementos en el contexto del estudio.

Formulación de Problemas

Problema General

¿De qué manera influye la incorporación de las nanoplaquetas de grafeno en la impermeabilización de un concreto $f'c$ 175 kg/cm²?

Problemas Específicos

¿De qué manera influye la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción 0.2%, 0.5%, 1.0% a la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=175$ kg/cm²?

¿De qué manera influye la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5%, 1.0% en la durabilidad de un concreto $f'c=175$ kg/cm?

¿De qué manera influye la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5%, 1.0% en la permeabilidad de un concreto $f'c=175$ kg/cm?

Formulación de Objetivos

Objetivo General

Determinar la influencia de las nanoplaquetas de grafeno en la impermeabilización de un concreto $f'c$ 175 kg/cm².

Objetivos Específicos

Determinar la influencia de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0%, en la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=175$ kg/cm².

Determinar la influencia de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% en la durabilidad de un concreto $f'c=175$ kg/cm.

Determinar la influencia de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% en la permeabilidad de un concreto $f'c=175$ kg/cm.

2.1 Hipótesis

2.1.1 Hipótesis General

HG: La incorporación de nanoplaquetas grafeno mejora la impermeabilización de un concreto $f'c$ 175 kg/cm².

2.1.2 Hipótesis Especifica

H1: Las nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% aumenta más del 10% a la resistencia a la compresión del concreto f'c 175 kg/cm².

H2: La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% aumenta más del 10% en la durabilidad de un concreto f'c 175 kg/cm².

H3: La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% disminuye más del 25% en la permeabilidad de un concreto f'c 175 kg/cm².

Figura16

H1 Ensayo de resistencia a la compresión



Nota. Rotura de probetas de concreto. Fuente Elaboración Propia (2024).

Figura17

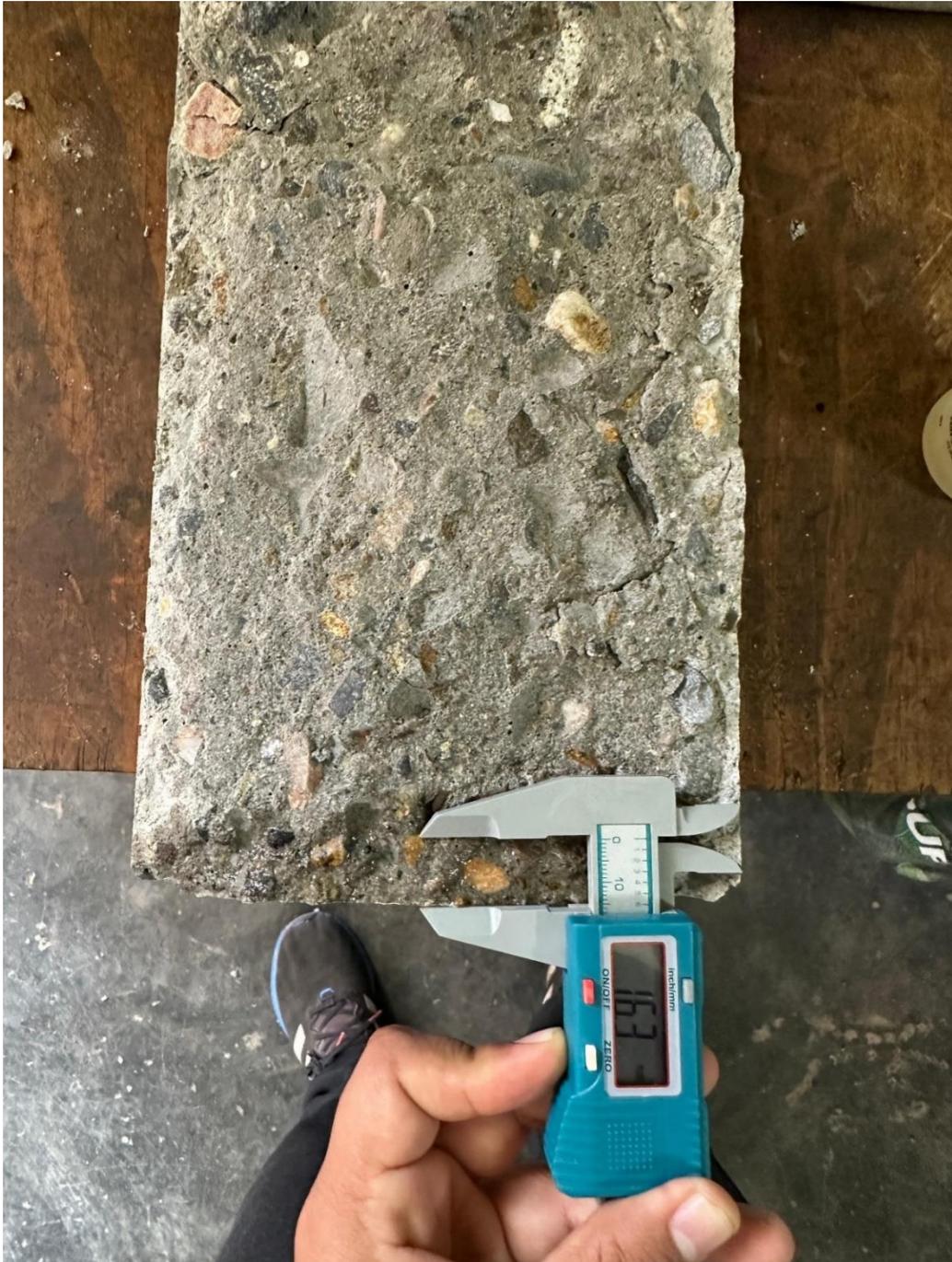
H2 Ensayo de Durabilidad



Nota. Ensayo de durabilidad del concreto mediante el ensayo de congelación y descongelación. Fuente Elaboración Propia (2024).

Figura18

H3 Ensayo de Permeabilidad



Nota. Medición de la cantidad de penetración de líquidos en el concreto. Fuente Elaboración Propia (2024).

2.2 Variables

2.2.1 Variable independiente

La variable independiente es la incorporación de nanoplaquetas de grafeno, porque depende de su grado de influencia en el concreto endurecido.

2.2.2 Variable dependiente

Como variable dependiente tenemos la impermeabilización de un concreto $f'c$ 175 kg/cm².

2.2.3 Operacionalización de variables

Tabla 9

Operacionalización de variables

Variables	
Variable Independiente	Indicador
Nanoplaquetas de grafeno	Nanoplaquetas de grafeno con 0.02%
	Nanoplaquetas de grafeno con 0.05%
	Nanoplaquetas de grafeno con 0.10%
Variable Dependiente	
Impermeabilización de un concreto $f'c$ 175 kg/cm ²	Resistencia a la compresión
	Durabilidad
	Permeabilidad

Nota. Identificación de variable independiente bajo cada una de sus dimensiones.
Fuente: Elaboración Propia (2024).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

Según Rus, E. (2020) indica que una investigación aplicada es la que facilita la resolución de problemas concretos. Asimismo, se basa en la investigación básica para lograr este objetivo, obteniendo de ella los conocimientos teóricos esenciales para solucionar problemas o mejorar la calidad de vida. Es por ello que de acuerdo a la problemática real se busca establecer medidas de solución de los ciclos de congelación y descongelación, permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto agregando como aditivo las nanoplaquetas de grafeno.

3.1.2 Enfoque de investigación

Esta tesis de investigación es cuantitativa ya que los resultados de los indicadores y de las variables son medibles y cuantificables.

3.1.3 Nivel de investigación

Según Hernández et al., (2014) menciona que el nivel descriptivo se busca especificar las propiedades, las características o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es por ello que esta investigación es de nivel descriptivo, ya que esta investigación evaluó la incorporación de nanoplacas de grafeno en diferentes porcentajes, permitiendo describir y comparar el comportamiento del concreto convencional con el concreto que contiene adición de nanoplacas de grafeno.

3.1.4 Diseño de investigación

Según Hernández et al., (2014) menciona que el diseño experimental es una situación controlada en la que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (causas) para observar los efectos de esta manipulación en una o más variables dependientes (efectos). Los autores señalaron que el diseño experimental es utilizado porque permite manipular las variables independientes y así analizar los efectos sobre las variables dependientes. Esta tesis es Experimental porque se demuestra el efecto de la variable independiente que en este caso viene hacer la incorporación de nanoplaquetas de grafeno y como variable dependiente como la impermeabilización de un concreto $f'c$ 175 kg/cm², los cuales son identificados solamente a través de diversos ensayos en laboratorio.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población está conformada por el conjunto de probetas cilíndricas estandarizadas de concreto de 6" de diámetro los cuales fueron moldeadas en laboratorio para la investigación, suman en total 96 testigos de concreto las cuales están distribuidas, 36 para el ensayo a la compresión de la siguiente manera, 12 a los 07 días, 12 a los 14 días y 12 a los 28 días, además 36 probetas serán ensayadas para la congelación y descongelación con la misma distribución de la resistencia a la compresión y 24 probetas serán ensayadas para la permeabilidad de las cuales 06 probetas fueron diseñados con concreto patrón, 06 probetas de concreto + 0.2% de NPG, 06 probetas de concreto + 0.5% de NPG y 06 probetas de concreto + 1.0% de NPG.

3.2.2 Muestra

Las muestras de concreto para los ensayos en laboratorio estarán compuestas por especímenes cuyas dimensiones son de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro, la resistencia diseñada fue de $f'c$ 175 kg/cm² y su tiempo de curado será por 07, 14, y 28 días.

De acuerdo a la distribución de las muestras por el tipo de porcentaje de nanoplaquetas de grafeno y el tipo de curado, estos se subdividen de la siguiente manera:

M1: Probetas de concreto patrón.

M2: Probetas de concreto + 0.2% nanoplaquetas de grafeno

M3: Probetas de concreto + 0.5% nanoplaquetas de grafeno

M4: Probetas de concreto + 1.0% nanoplaquetas de grafeno

M5: Probetas de concreto patrón expuesto al ensayo de congelación y descongelación

M6: Probetas de concreto + 0.2% nanoplaquetas de grafeno expuesto al ensayo de congelación y descongelación

M7: Probetas de concreto + 0.5% nanoplaquetas de grafeno expuesto al ensayo de congelación y descongelación

M8: Probetas de concreto + 1.0% nanoplaquetas de grafeno expuesto al ensayo de congelación y descongelación

Para calcular el número de especímenes de concreto a realizar para el ensayo de la resistencia a la compresión se tomó en cuenta el Manual de ensayo de Materiales el cual indica que se realizarán 03 especímenes para cada muestra de ensayo en laboratorio, se elaboraron 96 especímenes de concreto: las cuales 36 probetas para la resistencia a la compresión, están conformadas por 4 grupos de 9 probetas distribuidas con la incorporación de nanoplaquetas de grafeno al 0.2%, 0.5%, 1.0% y otro con concreto patrón. De la misma manera 36 probetas para el ensayo de durabilidad mediante el ensayo de congelación y descongelación y 24 probetas en grupo de 6 cada uno para el ensayo de permeabilidad.

La distribución de las probetas para determinar su resistencia se dio de la siguiente manera:

Se elaboraron 36 probetas de concreto, para cada tiempo de curado durante los 07, 14 y 28 días curado con agua potable, se ensayarán 12 probetas por cada día de curado; y están conformadas en 04 grupos de 03 probetas distribuidas con la adición de nanoplaquetas de grafeno al 0.2%, 0.5%, 1.0% y otro con concreto patrón.

Tabla10

Muestra para la resistencia a la compresión

RESISTENCIA COMPRESIÓN			
Días	7	14	28
Patrón	3	3	3
0.02%	3	3	3
0.05%	3	3	3
0.10%	3	3	3

Nota. Cantidad de probetas que se rompieron a los 7, 14 y 28 días para determinar su resistencia a la compresión. Fuente Elaboración Propia (2024).

La distribución de las probetas para determinar su durabilidad se dio de la siguiente manera:

Para el ensayo de congelación y descongelación se elaboraron 36 probetas 36 probetas de concreto, para cada tiempo de curado durante los 07, 14 y 28 días curado con agua potable, se ensayarán 12 probetas por cada día de curado; y están conformadas en 04 grupos de 03 probetas distribuidas con la incorporación de nanoplaquetas de grafeno al 0.2%, 0.5%, 1.0% y otro con concreto patrón.

Tabla11

Muestra para el ensayo de congelación y deshielo

CONGELACIÓN Y DESHIELO			
Días	7	14	28
0.02%	3	3	3
0.05%	3	3	3
0.10%	3	3	3
patrón	3	3	3

Nota. Cantidad de probetas que se rompieron a los 7, 14 y 28 días para determinar la durabilidad del concreto expuesto a ciclos de congelación y descongelación. Fuente Elaboración Propia (2024).

La distribución de las probetas para determinar su permeabilidad se dio de la siguiente manera:

La norma UNE-EN 12390-8 establece que se deben utilizar al menos 3 probetas cilíndricas para llevar a cabo el ensayo. Sin embargo, en este estudio se prepararon 6 probetas cilíndricas para cada muestra. Además, se especifica que las probetas deben tener un diámetro de 6 pulgadas, equivalente a 15 centímetros, y una altura de 12 pulgadas, equivalente a 30 centímetros.

Para conocer su permeabilidad se tuvo en consideración que las probetas sean curadas durante 28 días, por lo que el total de especímenes realizados para este ensayo fueron en total 24 probetas, de los cuales 06 probetas son elaboradas concreto patrón, 06 probetas son elaboradas de concreto más 0.2% de nanoplaquetas de grafeno, 06 probetas son elaboradas de concreto más 0.5% de nanoplaquetas de grafeno, 06 probetas son elaboradas de concreto 1.0% de

nanoplaquetas de grafeno.

Tabla12

Muestras para ensayo de Profundidad de penetración de agua bajo presión

PERMEABILIDAD	
Días	28
0.02%	6
0.05%	6
0.10%	6
patrón	6

Nota. Cantidad de probetas que se rompieron a los 28 días para determinar su permeabilidad. Fuente Elaboración Propia (2024).

3.3 Instrumentos

3.3.1 Técnica

La técnica empleada es la observación experimental ya que dichos datos se obtuvieron mediante la ejecución de ensayos experimentales estandarizados y porque además se describen cuáles son los efectos de la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el concreto $f'c$ 175 kg/cm².

3.3.2 Instrumentos para la recolección de datos

Se contó con diversas fichas técnicas para el registro de los resultados de los estudios tales como fichas granulométricas de los agregados y fichas de registro para los resultados de los ensayos del concreto, todo de acuerdo con lo establecido

en la Norma Técnica Peruana para el Ensayo de Penetración de Agua, así como en la norma ASTM C666 para el método de prueba estándar que evalúa la resistencia del hormigón a la congelación y descongelación.

3.3.3 Instrumentos de procesamiento

Como instrumento para procesar los datos se tiene el programa Excel ya que permite procesar matemáticamente de manera automatizada los datos obtenidos en los ensayos con el fin de realizar un ordenado y adecuado análisis gráfico.

3.4 Procedimiento

En laboratorio se realizará el diseño de mezcla del concreto $f'c$ 175 kg/cm² incorporando nanoplaquetas de grafeno en las siguientes proporciones 0.2%, 0.5%, 1.0% y un diseño con concreto patrón.

De las 96 muestras preparadas, 36 se destinarán al ensayo de resistencia a la compresión, otras 36 para evaluar la durabilidad del concreto y las restantes 24 para el ensayo de permeabilidad.

Del total 36 muestras serán ensayadas a la compresión a los 7, 14, y 28 días para determinar su resistencia, serán ensayadas 12 probetas por día. De la misma manera serán ensayadas para la durabilidad y también 24 probetas serán ensayadas a la permeabilidad a los 28 días de curado. Luego en el programa Excel los datos obtenidos de los ensayos serán procesados mediante tablas y gráficos para determinar las varianzas en la resistencia y permeabilidad.

Figura19

Prensa hidráulica para concreto



Nota. Prensa hidráulica para poder determinar la carga máxima de las probetas. Fuente Elaboración Propia (2024).

Figura20

Congeladora artificial



Nota. Congelador artificial para el ensayo de congelación y descongelación
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Figura21

Ensayo de permeabilidad



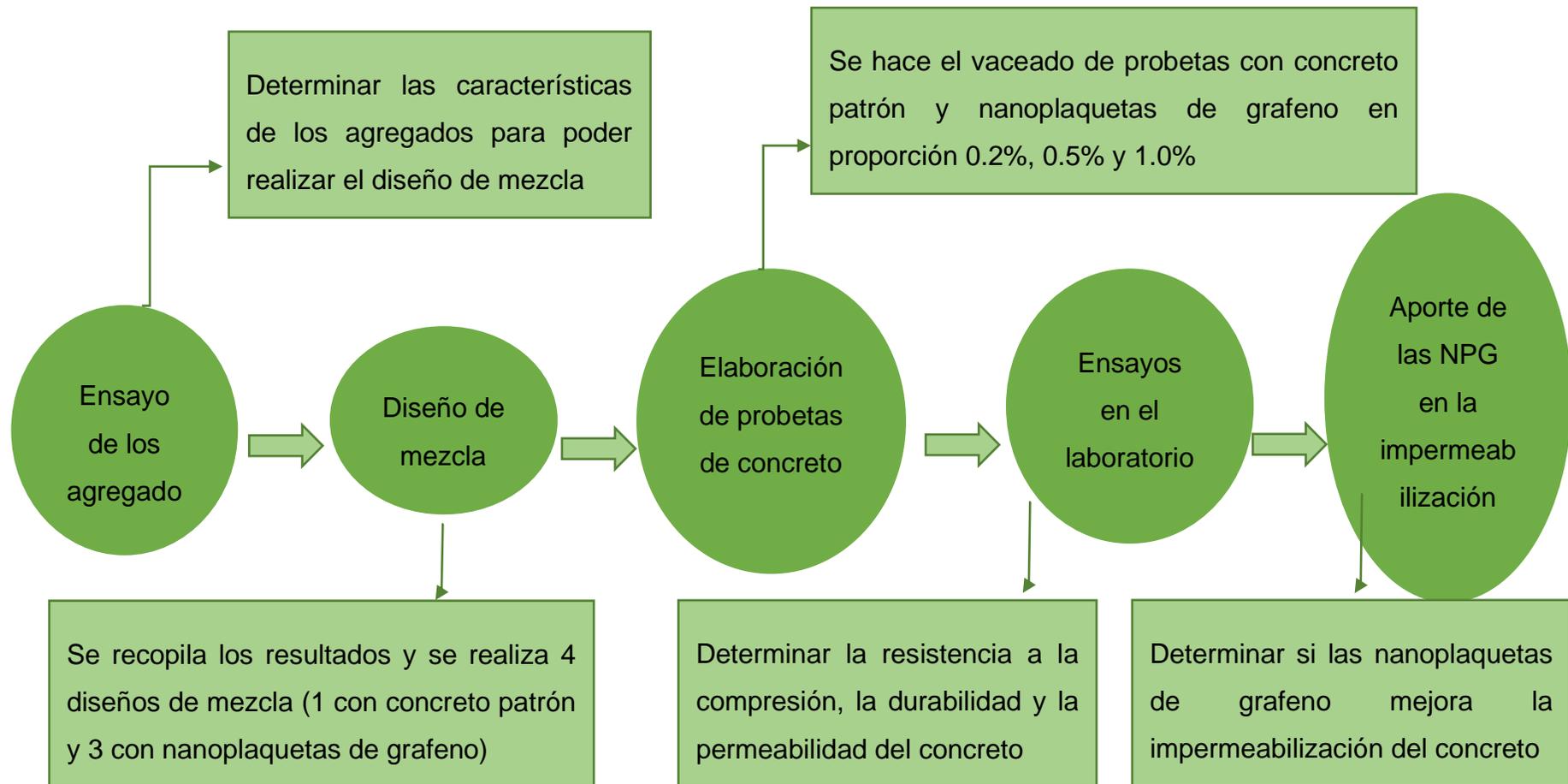
Nota. Prensa hidráulica para el ensayo de permeabilidad. Fuente Elaboración Propia (2024).

3.5 Aspectos Éticos

- En este estudio, se emplearon datos sólidos y verificables, los cuales fueron obtenidos de fuentes como tesis, libros y artículos científicos. Se dio prioridad a estos últimos debido a su mayor credibilidad.
- Todos los materiales consultados están debidamente citados para respetar los derechos de autor.
- Además, los datos obtenidos en la investigación están respaldados por el laboratorio en el cual se llevaron a cabo los análisis.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Mapa o esquema de procesos



Nota. Procedimiento para la investigación. Fuente Elaboración propia (2024).

- **Desarrollo de la investigación**

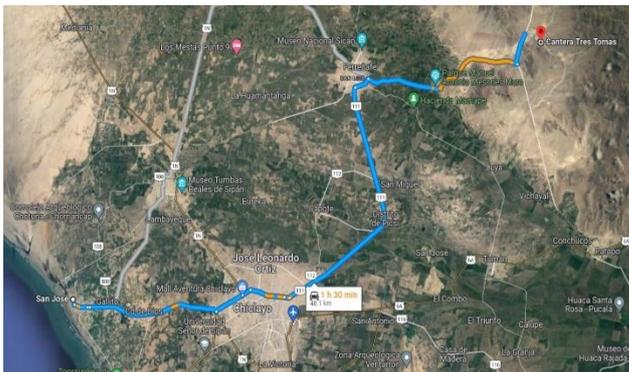
Ubicación de agregados

Los agregados fueron extraídos de la cantera “Tres Tomas” que se encuentra a 50.6 km al noreste de San José.

a) Cantera “Tres Tomas”

Figura22

Cantera Tres Tomas



Nota. Vista satelital sobre el recorrido para llegar a la cantera “Tres Tomas”.
Fuente Elaboración propia (2024).

Como llegar:

Partiendo del distrito de San José hacia la ciudad de Chiclayo, al llegar a Chiclayo diríjase por la avenida Leguía todo recto hasta llegar a la salida de Chiclayo con dirección al distrito Picsi, cuando llegue al distrito siga con dirección al norte hacia llegar a Ferreñafe. Una vez ahí se dirige con dirección al distrito Mesones Muro por una vía asfaltada de 14.5 km, luego toma un desvío de 1.5 km hasta llegar a la zona de explotación.

Tabla13

Accesibilidad a cantera

Distancia	Tipo de vía	Km	Tiempo
San José - Chiclayo	Asfaltada	13	15 min
Chiclayo - Ferreñafe	Asfaltada	21.6	37 min
Ferreñafe - Mesones Muro	Asfaltada	14.5	35 min
Mesones Muro - Desvío	Afirmado	1.5	05 min

Nota. Indicaciones para llegar a la cantera Tres Tomas. Fuente Elaboración Propia (2024).

Ensayo de los agregados

Granulometría de los agregados

- a) Agregado Fino: Primero se procedió a secar 1135 gramos de material en la estufa a una temperatura de 110 ± 5 °C por 24 horas, luego se ordenan los tamices normados de forma decreciente, se emplearán tamices con aberturas de 3/8 pulgadas, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200 para el proceso de tamizado del agregado fino, una vez colocados se agrega el material sobre los tamices y se tamiza de forma continua para luego determinar los pesos retenidos en las mallas normadas y para determinar el módulo de fineza, se agregaron los porcentajes retenidos en los tamices de tamaños N° 4, N° 8, N°16, N°30, N°50 y N°100, y luego se dividió el total entre 100.

Figura23

Granulometría arena



Nota. Pesado del agregado fino para realizar la granulometría.
Fuente Elaboración propia (2024).

Tabla14

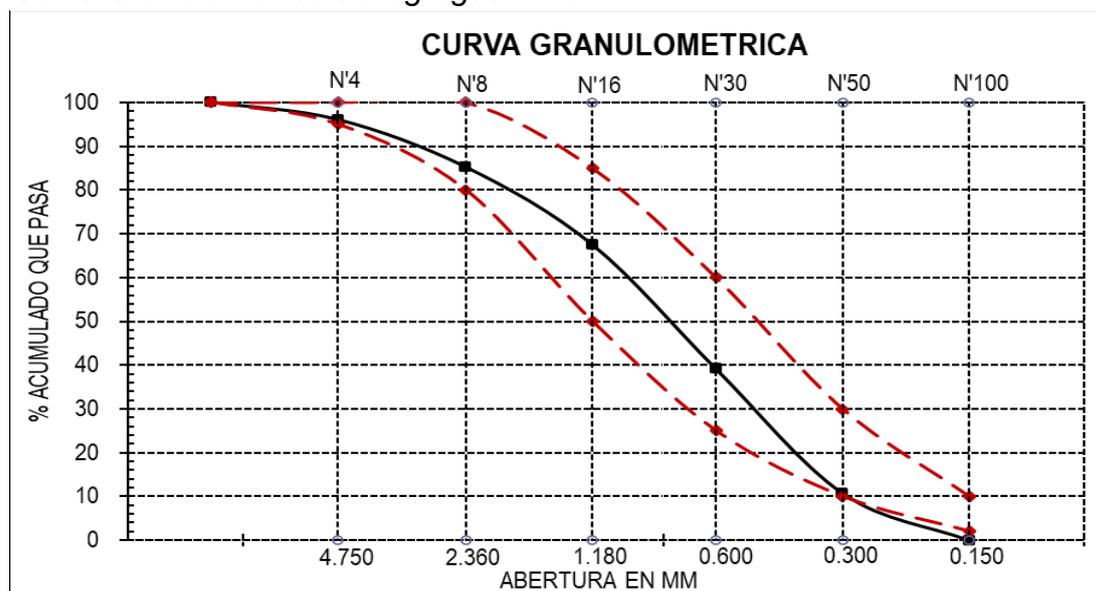
Granulometría del agregado fino

Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Acumul. Retenido	% Acumul. Que Pasa	Especificaciones	
pulg.	mm.					Minimo	Maximo
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 04	4.75	45.00	3.96	3.96	96.04	95.00	100.00
Nº 08	2.36	123.00	10.84	14.80	85.20	80.00	100.00
Nº 16	1.18	201.00	17.71	32.51	67.49	50.00	85.00
Nº 30	0.60	322.00	28.37	60.88	39.12	25.00	60.00
Nº 50	0.30	322.00	28.37	89.25	10.75	10.00	30.00
Nº 100	0.15	122.00	10.75	100.00	0.00	2.00	10.00
Fondo		0.00	0.00	100.00	0.00		
Abertura de malla de referencia			9.50	Módulo de Fineza		3.01	

Nota. Resultados obtenidos del ensayo del agregado fino para determinar su módulo de fineza. Fuente Elaboración propia (2024).

Figura24

Curva Granulométrica del agregado fino



Nota. Se hizo la curva la cual cumple ya que está dentro de los parámetros requeridos. Fuente Elaboración propia (2024).

- b) Agregado Grueso: Se utilizó una cantidad de muestra de 1109 gramos para este ensayo, y además, es necesario que esté completamente seca en un horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Tabla15

Granulometría de agregado grueso

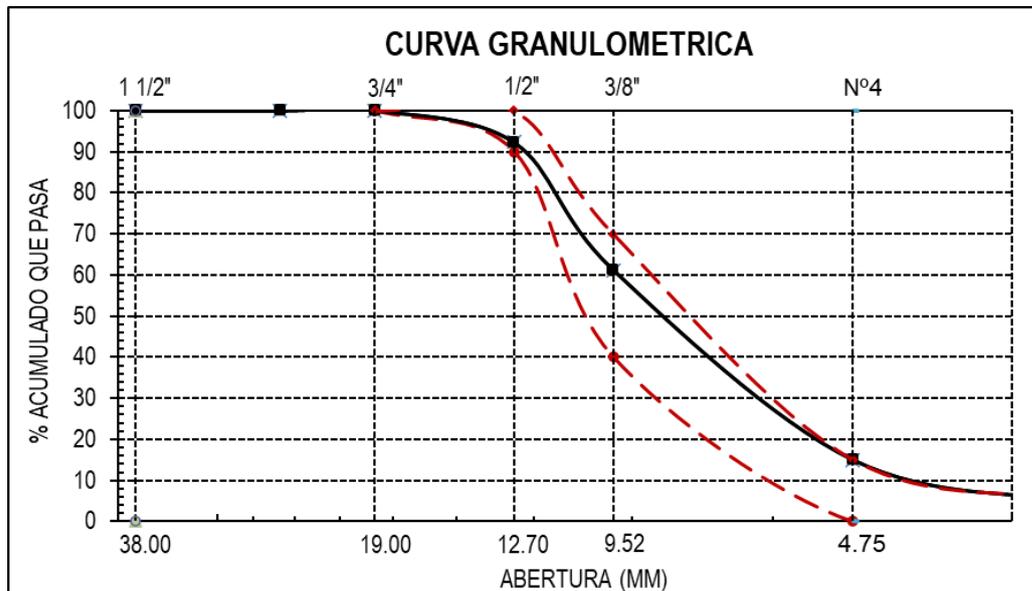
Tamiz		Peso Retenido	% Retenido	% Acumul. Retenido	% Acumul. Que Pasa	Especificaciones	
pulg.	mm.					Mínimo	Máximo
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.70	85.0	7.7	7.7	92.3	90.0	100.0
3/8"	9.52	345.0	31.1	38.8	61.2	40.0	70.0
Nº 04	4.75	513.0	46.3	85.0	15.0	0.0	15.0
Nº 08	2.36	111.0	10.0	95.0	5.0	0.0	5.0
Nº 16	1.19	34.0	3.1	98.1	1.9	-	-
Fondo		21.0	1.9	100.0	0.0	-	-

Tamaño Máximo	3/4"	Tamaño Máximo Nominal	1/2"
----------------------	-------------	------------------------------	-------------

Nota. Resultados obtenidos del ensayo del agregado grueso para determinar su tamaño máximo y tamaño máximo nominal. Fuente Elaboración propia (2024).

Figura25

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota. Se hizo la curva la cual cumple ya que está dentro de los parámetros requeridos. Fuente Elaboración propia (2024).

Se visualiza que la curva granulométrica de este material de la cantera “Tres Tomas” está dentro de los parámetros de la norma NTP.400. 037 y que es de Huso 7 como se observa en la tabla 15; el cual indican que es apto para realizar concreto y proseguir con la realización de los ensayos.

Peso unitario de los agregados

a) Peso unitario seco suelto agregado fino

Equipo: una balanza, un martillo de goma, una varilla metálica lisa de 5/8”.

Procedimiento: Primero se seca el material durante 24 horas en el horno, luego se procede a llenar el recipiente cilíndrico con el agregado hasta llenarlo al borde con ayuda de un cucharón metálico, se enrasa y se pesa en la balanza el recipiente junto con el agregado para determinar qué cantidad de material ocupa dicho volumen, este proceso se realiza 03 veces.

Tabla16

Peso unitario seco del agregado fino

PESO UNITARIO SECO SUELTO					
DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	12877	12956	13444	13092
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	4397	4476	4964	4612
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario seco suelto	kg/m ³	1453	1479	1640	1524

Nota. Resultados obtenidos para determinar el promedio del peso unitario seco suelto del agregado fino. Fuente Elaboración propia (2024).

Se puede observar que es necesario que este ensayo se realice 03 veces con el

objetivo de obtener un dato más preciso luego de realizar el promedio.

b) Peso unitario seco suelto agregado grueso

Procedimiento: Primero se seca el material durante 24 horas en el horno, luego se procede a llenar el recipiente cilíndrico con el agregado hasta llenarlo al borde con ayuda de un cucharón metálico, se enrasa y se pesa en la balanza el recipiente junto con el agregado para determinar qué cantidad de material ocupa dicho volumen, este proceso se realiza 03 veces.

Tabla17

Peso unitario seco suelto del agregado grueso

PESO UNITARIO SECO SUELTO					
DATOS	-	1	2	3	PROM.
Peso de la muestra + molde	g	13222	13788	13723	13578
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	4742	5308	5243	5098
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario seco suelto	kg/m ³	1567	1754	1732	1684

Nota. Resultados obtenidos para determinar el promedio del peso unitario seco suelto del agregado grueso. Fuente Elaboración propia (2024).

Figura26

Peso unitario seco agregado fino



Nota. Llenado de la última capa para realizar el peso unitario seco del agregado fino. Fuente Elaboración propia (2024).

c) Peso unitario compactado agregado fino

Procedimiento:

A igual forma que el seco suelto el material debe estar seco para luego llenar el recipiente en 03 capas de $\frac{1}{3}$ de la altura del recipiente donde después de verter cada capa, se compacta utilizando una varilla de $\frac{5}{8}$ de pulgada unas 25 veces por cada capa. Luego de llenar, se nivela la superficie, se toma el peso y se

realiza el cálculo correspondiente.

Tabla18

Peso unitario compactado del agregado fino

PESO UNITARIO COMPACTADO					
DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	13488	13694	13621	13601
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	5008	5214	5141	5121
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario compactado	kg/m ³	1654	1722	1698	1692

Nota. Resultados obtenidos para determinar el promedio del peso unitario compactado del agregado fino. Fuente Elaboración propia (2024).

d) Peso unitario compactado agregado grueso

Tabla19

Peso unitario compactado del agregado grueso

PESO UNITARIO COMPACTADO					
DATOS	-	1	2	3	PROM.
Peso de la muestra + molde	g	13909	14011	13987	13969
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	5429	5531	5507	5489
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario compactado	kg/m ³	1794	1827	1819	1813

Nota. Resultados obtenidos para determinar el promedio del peso unitario compactado del agregado grueso. Fuente Elaboración propia (2024).

Figura27

Peso unitario compactado del agregado grueso



Nota. Compactando el agregado grueso. Fuente Elaboración Propia (2024).

Peso específico y porcentaje de absorción

Procedimiento:

Para el agregado fino, se seleccionaron 500 gramos de material, los cuales fueron saturados durante 24 horas y luego secados al aire libre. Posteriormente, se separaron 100 gramos para realizar el ensayo de peso específico y otros 100 gramos para determinar el porcentaje de absorción, llevándolos al horno.

Primero, se pesa la fiola vacía. Luego, se añaden 100 gramos de muestra a la fiola junto con agua hasta la línea de aforo, eliminando las burbujas y dejando reposar durante 24 horas antes de volver a pesar. También es necesario pesar

la fiola llena solo con agua hasta la misma línea de aforo.

Tabla20

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino

DATOS			
Muestra	-	1	2
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	106	107
Peso de la muestra + fiola + agua	g	757	755
Peso de la fiola + agua	g	690	690
Peso de la muestra seca	g	100	102
CALCULOS			
Peso de la muestra sumergida	g	67	65
Volumen de la muestra	cm ³	39	42
Peso específico seco	g	2.56	2.43
Peso específico suelo saturado superficialmente seco	g/cm ³	2.72	2.55
Absorción del agregado grueso	%	6.00	4.90

Nota. Resultados obtenidos para determinar el peso específico y el grado de absorción del agregado del agregado fino. Fuente Elaboración propia (2024).

Para el Peso específico del agregado grueso se emplea 2 kg el cual debe estar superficialmente seco, para ello primero se sumergió el material durante 24 horas y luego se colocó al secado durante 24 horas al sol.

Primero, se pesó la canastilla completamente sumergida en agua y se registró el nivel de inmersión. Luego, se ajustó el peso de la canastilla sumergida en agua a cero y se colocó la piedra saturada, sumergiéndola hasta la marca registrada anteriormente. Después, la muestra en la canastilla se llevó al horno durante 24 horas a una temperatura de 100 ± 5 °C para obtener su peso seco.

Tabla21

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso

DATOS			
Muestra	-	1	2
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1655	1775
Peso de la muestra + canastilla sumergida	g	1533	1619
Peso de la canastilla sumergida	g	520	520
Peso de la muestra seca	g	1570	1791

CALCULOS			
Peso de la muestra sumergida	g	1013	1099
Volumen de la muestra	cm ³	642	676
Peso específico seco	g	2.45	2.65
Peso específico suelo saturado superficialmente seco	g/cm ³	2.58	2.63
Absorción del agregado grueso	%	5.41	-0.89

Nota. Resultados obtenidos para determinar el peso específico y el grado de absorción del agregado del agregado grueso. Fuente Elaboración propia (2024).

Fórmula: $P.e = (\text{Peso muestra seca al horno} / (\text{Peso de la muestra seca superficial-} \\ \text{Peso en el agua de la muestra saturada})) * 100$

Contenido de humedad

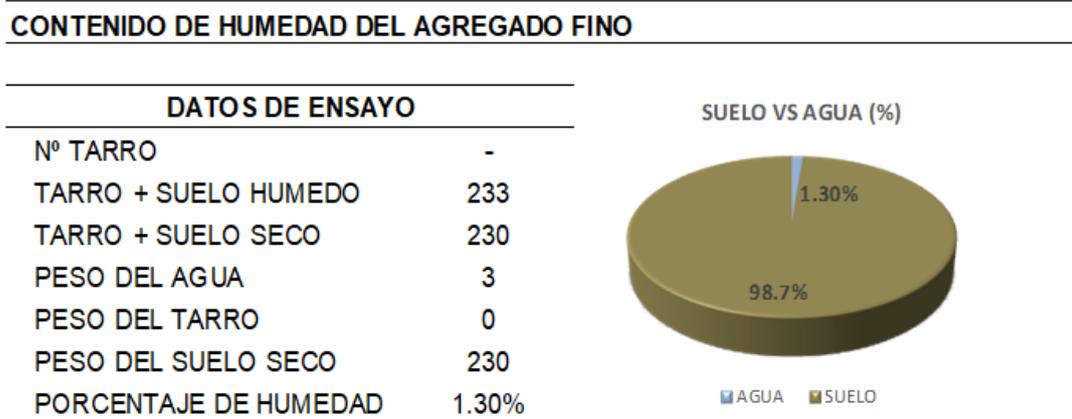
Este ensayo permite determinar la humedad de los agregados lo cual es influenciado por las características del clima, esto permitirá determinar su influencia en la dosificación.

Procedimiento: Se selecciona la cantidad necesaria de agregado, se registra el peso de la tara, se pesa la tara + agregado y se coloca en el horno por 24 horas a una temperatura de 110 ± 5 °C, luego nuevamente se pesa la tara más agregado seco.

Se aplica la siguiente fórmula: % Humedad=(Wn-Ws/Ws) *100, donde Wn es el peso del agregado húmedo, Ws peso del agregado seco.

Tabla22

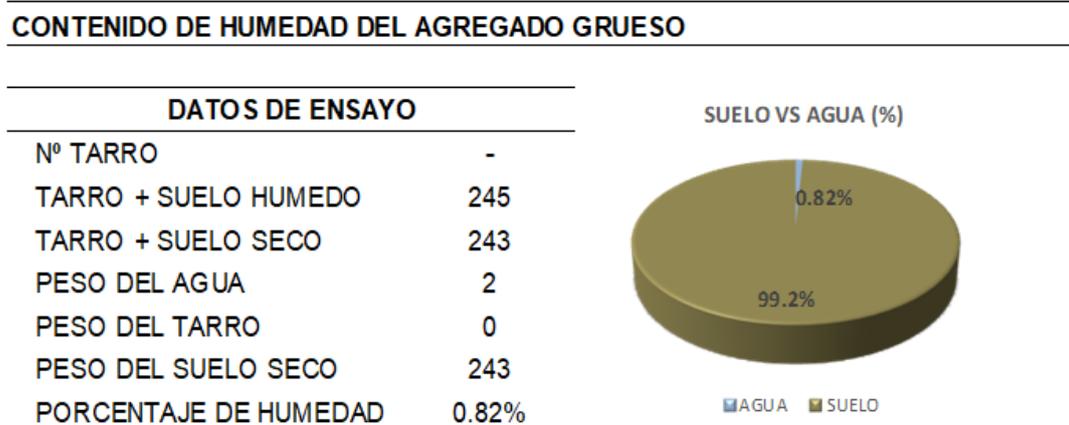
Contenido de humedad del agregado fino



Nota. Porcentaje de humedad del agregado fino como dato fundamental para el diseño de mezcla. Fuente Elaboración Propia (2024).

Tabla23

Contenido de humedad del agregado grueso



Nota. Porcentaje de humedad del agregado grueso como dato fundamental para el diseño de mezcla. Fuente Elaboración Propia (2024).

Diseño de mezcla

En esta investigación, para diseñar la mezcla se utilizó el método del comité ACI 211, con el propósito de determinar las proporciones adecuadas de agregados, agua y cemento necesarias para alcanzar la resistencia deseada de $f'c$ 175 kg/cm².

Se ha realizado 4 diseños de mezcla empleando el cemento Pacasmayo Ms, adicionándole 0.2, 0.5% y 1.0% de nanoplaquetas de grafeno.

Para ello, se consideraron las características físicas de los agregados, las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla24

Características de los agregados

Descripción	Unidad	Agregado Fino	Agregado Grueso
Contenido de Humedad	%	1.30	0.82
Peso Específico	g/cm ³	2.63	2.60
Porcentaje de Absorción	%	5.45	2.26
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1524	1684
Peso unitario compactado	kg/m ³	1692	1813
Módulo de fineza		3.01	-

Nota. Características fundamentales de los agregados para la elaboración del diseño de mezcla. Fuente Elaboración Propia (2024).

- El diseño de mezcla con el cemento Pacasmayo Ms se va utilizar una relación agua cemento 0.63.

- Parámetros de diseño (ACI):
 - La resistencia para este diseño es de un $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$. Según el ACI, para determinar el $F'cr$ (resistencia promedio a la compresión del concreto) requerido para un concreto con $f'c$ de 175 kg/cm^2 , se le debe sumar 70, lo que da una resistencia total de 245 kg/cm^2 .
 - El contenido de agua: Basado en el tamaño máximo nominal del agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " y la consistencia seleccionada de 3" a 4" en un concreto sin aire incorporado, la cantidad de agua necesaria es de 228 litros por metro cúbico.
 - El contenido de aire: según la tabla, para un agregado grueso con un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", el contenido de aire atrapado es del 2.5%.
 - La relación agua – cemento: el ACI recomienda Una relación agua-cemento de 0.63, según las tablas, se ha utilizado para evaluar cómo afectan las nanoplaquetas de grafeno las propiedades mecánicas del concreto.
 - El peso del agregado grueso: la proporción entre el módulo de finura del agregado fino y el tamaño máximo nominal determina el volumen de diseño para el agregado grueso.
 - Información sobre los agregados recopilada en el laboratorio:

TMN=3/4"

Módulo de fineza= 3.01

De acuerdo a la tabla el volumen de diseño

$b/b_o = 0.53$

Peso seco del agregado grueso, $b=0.53*1813=961.07$ kg

➤ Diseño de mezcla:

1) Volúmenes absolutos

Cemento = $343.95 / (2.95*1000) = 0.117$ m³

Agua = $216 / 1000 = 0.216$ m³

Agregado Grueso = $961.07 / (2.60*1000) = 0.369$

Aire = $2.5 / 100 = 0.025$

2) Contenido de agregado fino

Volumen del agregado Fino = $1 - (0.117 + 0.216 + 0.025 + 0.369) =$
 0.273 m³

Peso seco del Agregado Fino = 0.273 m³ * 2.63 gr/cm³ * $1000 =$
 718.80 kg/m³

3) Valores de diseño

Cemento = 343.95 kg/m³

Agua de diseño = 216 lts

Agregado fino seco = 718.80 kg/m³

Agregado grueso seco = 961.07 kg/m³

4) Corrección por Humedad

- Pesos Húmedos:

Peso del agregado fino húmedo = $(1 + (1.30/100)) * 718.80 = 728.18$
kg/m³

Peso del agregado grueso húmedo = $(1 + (0.82/100)) * 961.07 =$
968.98 kg/m³

- Humedad Superficial:

Contenido de humedad - % absorción Agregado Fino = $1.30 - 5.45 =$
- 4.15%

Contenido de humedad - % absorción Agregado Grueso = $0.82 - 2.26$
= -1.44%

- Aporte de humedad

Agregado fino = $718.80 * (-4.15 / 100) = -29.98$

Agregado grueso = $961.07 * (-1.44 / 100) = -13.81$

Agua efectiva = $216 - (-29.98 - 13.81) = 259.79$ litros

5) Valores de diseño corregidas por metro cúbico

Cemento = 343.95 kg/m³

Agregado fino húmedo = 728.18 kg/m³

Agregado grueso húmedo = 968.98 kg

Agua = 259.62 litros

➤ Valores de diseño por volumen

Cemento= 343.95 kg / 343.95 = 1

Agregado fino=728.18 kg / 343.95 = 2.09

Agregado grueso= 968.98 kg / 343.95 = 2.51

Agua= 259.62 / (343.95 / 42.5) = 32.1

Proporción de nanoplaquetas de grafeno en porcentaje

Los porcentajes de las nanoplaquetas de grafeno serán incorporados según el peso del cemento. Teniendo como resultado el peso de cemento de 343.95 kg del diseño mezcla patrón, se tiene la siguiente tabla # 25.

➤ Cálculo para el diseño de mezcla con nanoplaquetas de grafeno

Para 0.20% = 343.95 * 0.20% = 0.69 kg/m³.

Para 0.50% = 343.95 * 0.50% = 1.72 kg/m³.

Para 1.00% = 343.95 * 1.00% = 3.44 kg/m³.

Tabla25*Proporción de nanoplaquetas de grafeno*

Porcentaje	Proporción de nanoplaquetas de grafeno			
	kg/m3	gr/m3	gr para 6 testigos	6 testigos en m3
0.20%	0.69	687.90	22.01	0.029
0.50%	1.72	1719.75	55.03	0.029
1.00%	3.44	3439.50	110.06	0.029

Nota. Proporciones de nanoplaquetas de grafeno que se utilizaron en la investigación. Fuente Elaboración Propia (2024).

Tabla26*Resumen del diseño de mezcla*

Cantidad	Resumen de diseño de mezcla			
	Cemento Pacasmayo Ms			
	Concreto patrón	Concreto + 0.2% NPG	Concreto + 0.5% NPG	Concreto + 1.0% NPG
Cemento (kg/m3)	343.95	343.95	343.95	343.95
Agregado fino (kg/m3)	728.18	728.18	728.18	728.18
Agregado grueso (kg/m3)	968.98	968.98	968.98	968.98
Agua (lt/m3)	259.62	259.62	259.62	259.62
Nanoplaquetas de grafeno (kg/m3)	-	0.69	1.72	3.44

Nota. Resumen del diseño de mezcla patrón y con aditivo (nanoplaquetas de grafeno). Fuente Elaboración Propia (2024).

En la tabla N°26 se detalla las respectivas cantidades de los materiales a utilizar por m3 de concreto, los cuales provienen de sus respectivas respuestas según los diseños de mezclas.

Elaboración de probetas

De acuerdo a la dosificación realizada en laboratorio se procedió a mezclar uniformemente los componentes del concreto y para ello se utilizó una máquina mezcladora de concreto, después se llevó a cabo la formación de las probetas en los moldes cilíndricos.

Figura28

Elaboración de probetas de concreto patrón



Nota. Se vaceo el concreto patrón en moldes para luego obtener probetas de concreto. Fuente Elaboración Propia (2024).

Luego se adiciono nanoplaquetas de grafeno como aditivo del concreto en un porcentaje de 0.2%, 0.5% y 1.0% respecto del cemento.

Figura29

Nanoplaquetas de grafeno (NPG)



Nota. Se pesó las cantidades de las nanoplaquetas de grafeno que se utilizaron en los diferentes diseños de mezclas. Fuente Elaboración Propia (2024)

Figura30

Adición de nanoplaquetas de grafeno



Nota. se realiza la fabricación del concreto con los siguientes agregados: cemento, arena, piedra, agua y nanoplaquetas de grafeno. Fuente Elaboración Propia (2024).

Figura31

Elaboración de concreto con NPG



Nota. Se vaceo el concreto con nanoplaquetas de grafeno en moldes cilíndricos para luego obtener probetas de concreto. Fuente Elaboración.

Trabajabilidad del concreto

De acuerdo a lo indicado en la NTP 339.035, se realizó este ensayo el cual consiste en llenar en 3 capas y compactarlo 25 veces con una varilla lisa, para luego medir el slump.

Este ensayo consiste en la medición del asentamiento del concreto en su estado fresco y para ello es necesario usar el cono de Abrahams, es de realización necesaria para saber si el concreto preparado puede ser empleado en obra o no.

Equipos:

- 1 varilla de 50 cm de largo y de 5/8"
- 1 wincha
- 1 cono de Abraham de medidas 10 cm x 20 cm x 30 cm de altura, de acero galvanizado.
- 1 regla metálica

Descripción:

El concreto para muestreo debe estar disponible dentro del tiempo admisible de 30 minutos desde la llegada al lugar de trabajo y además no debe pasar más de 15 minutos entre la selección de la muestra y el ensayo.

Para llevar a cabo el ensayo, primero se humedece el interior del cono de Abrahams y se coloca sobre una superficie plana o una plancha metálica horizontal. Luego, se llena la primera capa del concreto hasta alcanzar $1/3$ del volumen del cono y se compacta con la varilla metálica mediante 25 golpes. Estos pasos se repiten para llenar los otros $2/3$ del volumen del cono hasta completarlo. La superficie se enrasa con la regla y se limpia el exterior del recipiente. Después, se levanta el cono de manera vertical sin realizar giros o inclinaciones, y se coloca de cabeza junto al concreto asentado. Para medir el asentamiento, se coloca la varilla sobre el borde del cono y se mide la altura con respecto a la parte superior del concreto asentado.

Figura32

Ensayo de Cono de Abrahams



Nota. Ensayo de slump para hallar el asentamiento del concreto fresco
Fuente Elaboración Propia (2024).

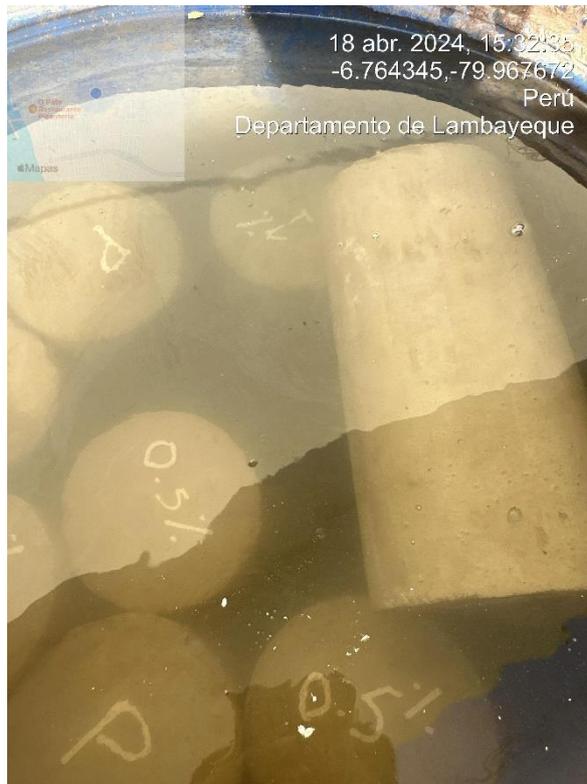
Curado de las muestras de concreto

Las probetas ya fraguadas fueron clasificadas de acuerdo al método de distribución empleado, por ello 36 fueron colocadas en un pozo al curado con agua normal y las otras 36 fueron colocadas al curado con el método de congelación y descongelación.

Las probetas deben ser enumeradas indicando su resistencia de diseño y la fecha

Figura33

Curado de probetas



Nota. Representación del curado de probetas en barriles llenos de agua para su fraguado. Fuente Elaboración Propia (2024).

Ciclo de congelamiento

En esta fase, se estableció una condición climática artificial para replicar temperaturas bajo cero, utilizando un congelador que mantenía una temperatura promedio entre -5 y -10 °C. Esta etapa tenía una duración de 12 horas, durante las cuales las muestras permanecían en el congelador (ambiente artificial) durante la noche. Se realizó el vertido de una serie de muestras cada día, llevándolo a cabo por la noche a las 19:00 horas. A las 7:00 horas, las muestras preparadas se introducían en el congelador, permaneciendo allí durante 12 horas y retirándolas al ambiente a las 7:00 a.m. del día siguiente.

Figura34

Congeladora artificial



Nota. En la figura N°34 se puede apreciar la congeladora artificial, para simular el ciclo de congelamiento. Esta consistía en colocar las probetas dentro de una poza, luego se colocaba hielo y finalmente se tapaba con una plancha de Tecnopor para mantenerlo herméticamente frío. Fuente Elaboración Propia (2024).

Figura35

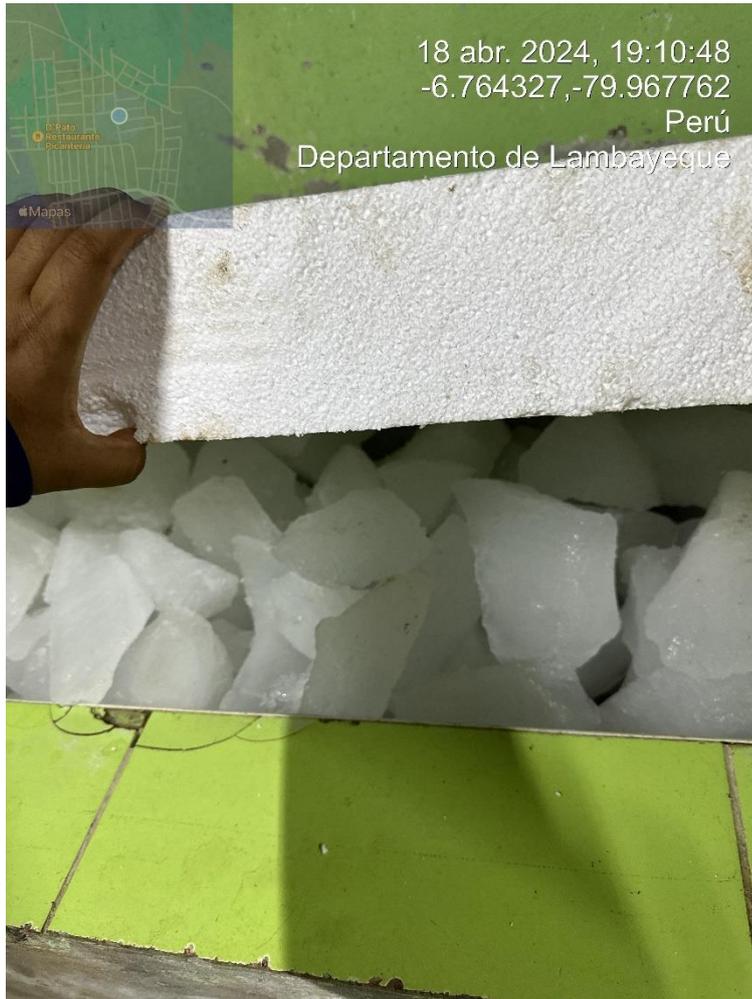
Etapa de congelamiento



Nota. En la figura N°35 se aprecia los trozos de hielo que se colocaban por toda la poza para simular el ciclo de congelamiento. Fuente Elaboración Propia (2024).

Figura36

Congelamiento del concreto



Nota. En la figura N° 36 se visualiza la congeladora artificial a punto de ser cerrada completamente y mantener herméticamente frío la poza para el siguiente día realizar el proceso de descongelamiento. Fuente Elaboración Propia (2024).

Ciclo de descongelamiento

Esta fase se llevó a cabo durante el día, considerando la condición climática natural que representaba la temperatura ambiente. Con una duración de 12 horas, esta etapa completaba un ciclo. El proceso de descongelación comenzaba a las 7:00 a.m. con la extracción de las muestras del congelador, luego se colocan a la sombra durante 2 horas. Después, se exponían al sol directamente durante 4 horas para aumentar su temperatura y, finalmente, durante las últimas 6 horas, se sumergían en barriles llenos de agua para su saturación y curado.

Figura37

Etapa de descongelamiento



Nota. En la figura N°37 se visualiza el tiempo de descongelamiento del concreto el cual consiste en colocar 4 horas las probetas directo al sol. Fuente Elaboración Propia (2024).

4.2 Resistencia a la compresión

Luego del proceso del moldeo de las probetas, estas fueron colocadas al curado para luego realizar en ellas los ensayos a la compresión de los cuales se obtuvo lo siguiente resultados y se puede apreciar en la tabla 27, 28, 29 y 30:

Tabla27

Resistencia promedio a la compresión patrón

Resistencia del concreto patrón							
Días	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²) Promedio	F'c (kg/cm ²) Esperado
7	30	15	5301	27844	157.56	158.99	119
	30	15	5301	28102	159.02		
	30	15	5301	28340	160.37		
14	30	15	5301	31647	179.08	178.72	150
	30	15	5301	31514	178.33		
	30	15	5301	31587	178.75		
28	30	15	5301	33647	190.40	190.50	175
	30	15	5301	33745	190.96		
	30	15	5301	33598	190.13		

Nota. En la tabla N°27 se puede visualizar que la resistencia del concreto patrón a los 7 días al curado con agua potable el cemento Pacasmayo Ms llega a un 90.85% de su resistencia diseño, mientras que a los 28 días de curado supera la resistencia en un 8.85%. Fuente Elaboración propia (2024).

Tabla28*Resistencia promedio a la compresión + 0.2% de NPG*

Resistencia del concreto + 0.2% NPG							
Días	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²) Promedio	F'c (kg/cm ²) Esperado
7	30	15	5301	32410	183.40	185.02	119
	30	15	5301	32560	184.25		
	30	15	5301	33120	187.42		
14	30	15	5301	41200	233.14	232.12	150
	30	15	5301	40980	231.90		
	30	15	5301	40878	231.32		
28	30	15	5301	44214	250.20	250.11	175
	30	15	5301	44302	250.70		
	30	15	5301	44078	249.43		

Nota. En la tabla N°28 se puede visualizar que la resistencia del concreto incorporando 0.2% de nanoplaquetas de grafeno a los 7 días al curado con agua potable el cemento Pacasmayo Ms supera un 5.73% de su resistencia diseño, mientras que a los 28 días de curado supera la resistencia en un 42.92%. Fuente Elaboración propia (2024).

Tabla29*Resistencia promedio a la compresión + 0.5% de NPG*

Resistencia del concreto 0.5% NPG							
Días	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²) Promedio	F'c (kg/cm ²) Esperado
7	30	15	5301	31041	175.66	176.08	119
	30	15	5301	30984	175.33		
	30	15	5301	31324	177.26		
14	30	15	5301	37120	210.06	209.96	150
	30	15	5301	37210	210.57		
	30	15	5301	36980	209.26		
28	30	15	5301	40765	230.68	230.89	175
	30	15	5301	40654	230.05		
	30	15	5301	40987	231.94		

Nota. En la tabla N°29 se puede visualizar que la resistencia del concreto incorporando 0.5% de nanoplaquetas de grafeno a los 7 días al curado con agua potable el cemento Pacasmayo Ms supera un 0.62% de su resistencia diseño, mientras que a los 28 días de curado supera la resistencia en un 31.94%. Fuente Elaboración propia (2024).

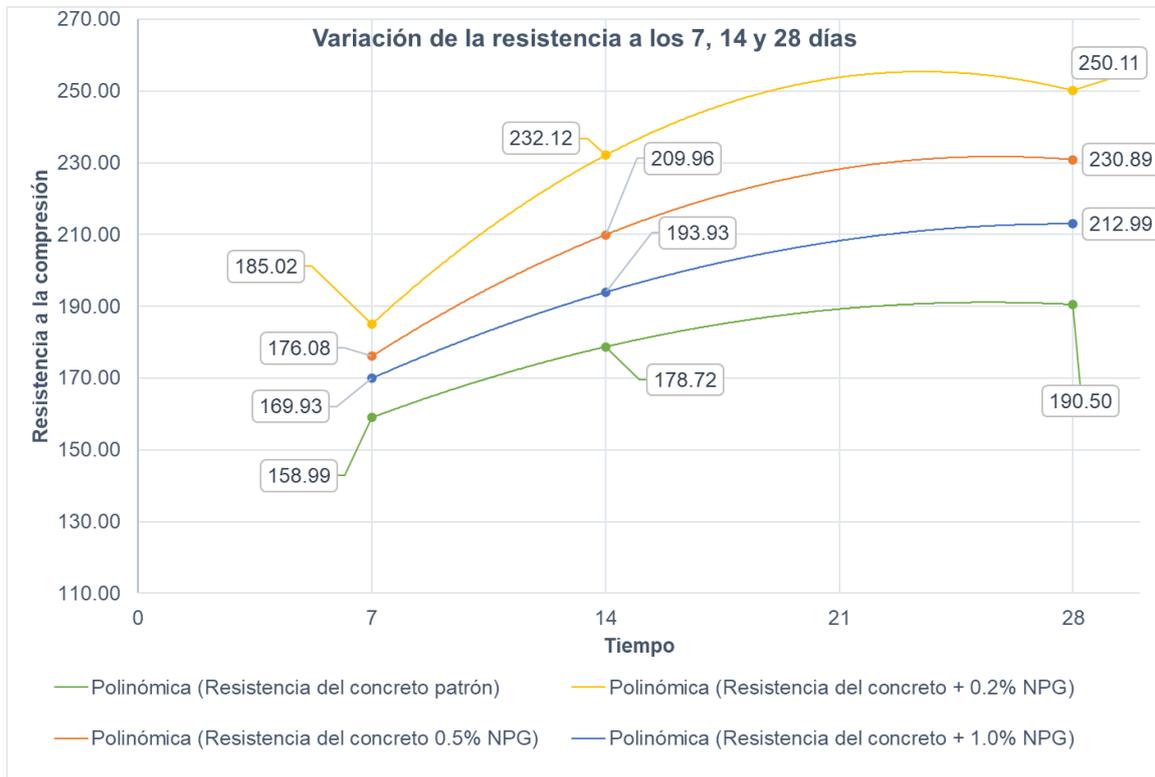
Tabla30*Resistencia promedio a la compresión + 1.0% de NPG*

Resistencia del concreto + 1.0% NPG							
Días	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²) Promedio	F'c (kg/cm ²) Esperado
7	30	15	5301	30204	170.92	169.93	119
	30	15	5301	29898	169.19		
	30	15	5301	29987	169.69		
14	30	15	5301	34214	193.61	193.93	150
	30	15	5301	34124	193.10		
	30	15	5301	34471	195.07		
28	30	15	5301	37687	213.26	212.99	175
	30	15	5301	37841	214.14		
	30	15	5301	37387	211.57		

Nota. En la tabla N°29 se puede visualizar que la resistencia del concreto incorporando 1.0% de nanoplaquetas de grafeno a los 7 días al curado con agua potable el cemento Pacasmayo Ms llega a un 97.10% de su resistencia diseño, mientras que a los 28 días de curado supera la resistencia en un 21.71%. Fuente Elaboración propia (2024).

Figura38

Resistencia del concreto



Nota. De acuerdo con el gráfico presentado en la figura 38, después de 28 días de curado, se observa que el concreto que contiene un 0.2% de nanoplaquetas de grafeno muestra un incremento del 31.29% en comparación con el concreto estándar. Asimismo, el concreto que incorpora un 0.5% de nanoplaquetas de grafeno exhibe un aumento del 21.21% en comparación con el concreto estándar. Finalmente, el concreto que contiene un 1.0% de nanoplaquetas de grafeno muestra un incremento del 11.21% en comparación con el concreto estándar. Fuente Elaboración propia (2024).

4.3 Durabilidad

Luego de que las muestras fueron sometidas al ensayo de exposición a congelación y deshielo (ASTM C666) se realizó el ensayo de resistencia a compresión de las probetas con concreto patrón y probetas incorporando 0.2%,0.5%,1,0% de nanoplaquetas de grafeno los resultados se pueden observar en la tabla:

Tabla31

Resistencia a la compresión del concreto patrón

Resistencia del concreto patrón							
Días	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²) Promedio	F'c (kg/cm ²) Esperado
7	30	15	5301	24780	140.23	140.38	119
	30	15	5301	24834	140.53		
	30	15	5301	24810	140.40		
14	30	15	5301	29874	169.05	169.29	150
	30	15	5301	29986	169.69		
	30	15	5301	29890	169.14		
28	30	15	5301	30641	173.39	173.59	175
	30	15	5301	30514	172.67		
	30	15	5301	30874	174.71		

Nota. En la tabla N°31 se puede visualizar que la resistencia del concreto patrón a los 7 días llega a un 80.22% de su resistencia diseño, mientras que a los 28 días de curado llega a un 99.20% de su resistencia diseño. Fuente Elaboración propia (2024).

Tabla32*Resistencia a la compresión del concreto + 0.2% NPG*

Resistencia del concreto + 0.2% NPG							
Días	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²) Promedio	F'c (kg/cm ²) Esperado
7	30	15	5301	30871	174.69	174.69	119
	30	15	5301	30714	173.81		
	30	15	5301	31024	175.56		
14	30	15	5301	36714	207.76	207.69	150
	30	15	5301	36847	208.51		
	30	15	5301	36543	206.79		
28	30	15	5301	39410	223.01	223.18	175
	30	15	5301	39365	222.76		
	30	15	5301	39541	223.76		

Nota. En la tabla N°32 se puede visualizar que la resistencia del concreto incorporando 0.2% de nanoplaquetas de grafeno a los 7 días al curado alcanza un 99.82% de su resistencia diseño, mientras que a los 28 días de curado supera la resistencia en un 27.53%. Fuente Elaboración propia (2024).

Tabla33*Resistencia a la compresión del concreto + 0.5% NPG*

Resistencia del concreto 0.5% NPG							
Días	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²) Promedio	F'c (kg/cm ²) Esperado
7	30	15	5301	29657	167.82	168.06	119
	30	15	5301	29841	168.87		
	30	15	5301	29600	167.50		
14	30	15	5301	34651	196.08	195.17	150
	30	15	5301	34254	193.84		
	30	15	5301	34563	195.59		
28	30	15	5301	37210	210.57	210.37	175
	30	15	5301	37201	210.51		
	30	15	5301	37114	210.02		

Nota. En la tabla N°33 se puede visualizar que la resistencia del concreto incorporando 0.5% de nanoplaquetas de grafeno a los 7 días de curado alcanza un 96.04% de su resistencia diseño, mientras que a los 28 días de curado supera la resistencia en un 20.21%. Fuente Elaboración propia (2024).

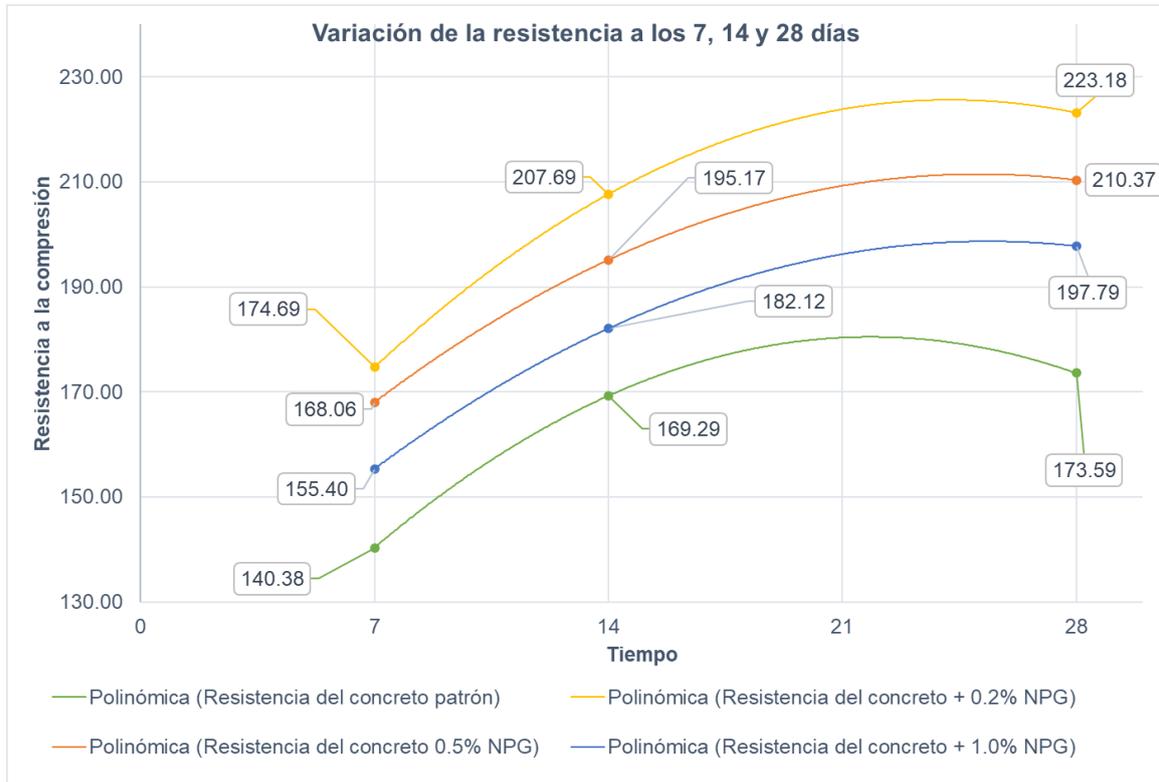
Tabla34*Resistencia a la compresión del concreto + 1.0% NPG*

Resistencia del concreto + 1.0% NPG							
Días	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Carga (kg)	F'c (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²) Promedio	F'c (kg/cm ²) Esperado
7	30	15	5301	27410	155.11	155.40	119
	30	15	5301	27652	156.48		
	30	15	5301	27320	154.60		
14	30	15	5301	32145	181.90	182.12	150
	30	15	5301	32341	183.01		
	30	15	5301	32064	181.44		
28	30	15	5301	34984	197.97	197.79	175
	30	15	5301	34878	197.37		
	30	15	5301	34996	198.04		

Nota. En la tabla N°34 se puede visualizar que la resistencia del concreto incorporando 1.0% de nanoplaquetas de grafeno a los 7 días al curado llega a un 88.80% de su resistencia diseño, mientras que a los 28 días de curado supera la resistencia en un 13.02%. Fuente Elaboración propia (2024).

Figura39

Resistencia a la compresión



Nota. De acuerdo con el gráfico presentado en la figura 39, después de 28 días de curado, se observa que el concreto que contiene un 0.2% de nanoplaquetas de grafeno muestra un incremento del 28.56% en comparación con el concreto estándar. Asimismo, el concreto que incorpora un 0.5% de nanoplaquetas de grafeno exhibe un aumento del 21.18% en comparación con el concreto estándar. Finalmente, el concreto que contiene un 1.0% de nanoplaquetas de grafeno muestra un incremento del 13.94% en comparación con el concreto estándar. Fuente Elaboración propia (2024).

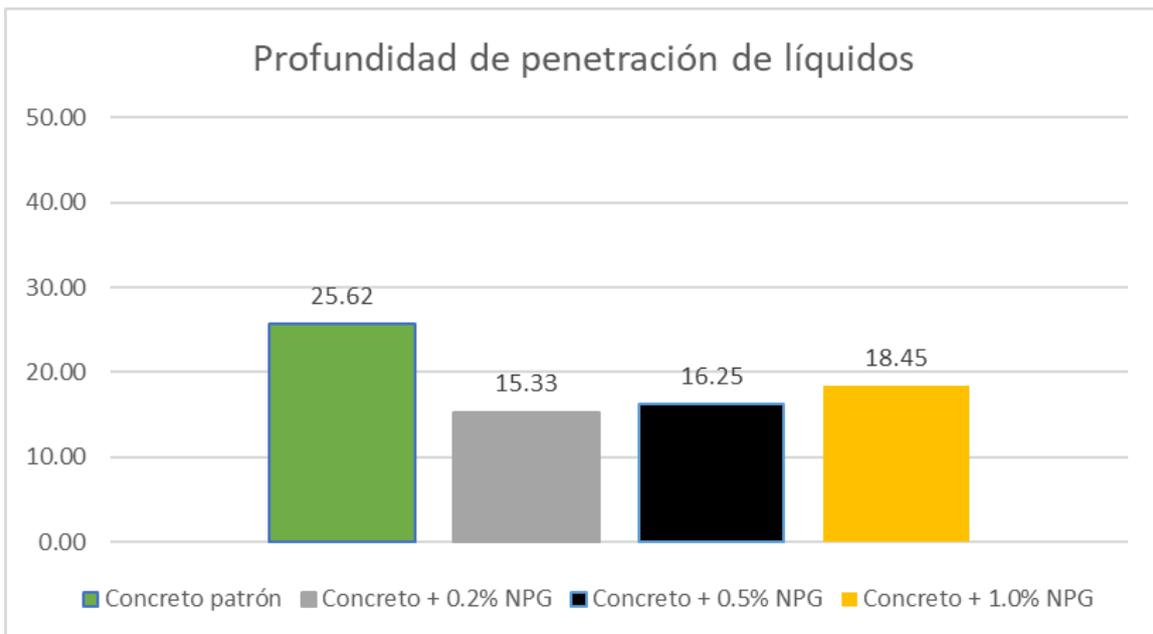
4.4 Permeabilidad

Luego de los 28 días de curado y de acuerdo a los datos obtenidos en el ensayo de permeabilidad del concreto con relación a/c 0.63, según el diseño de mezcla que he realizado, conforme los parámetros del ACI 211 se obtuvo lo siguiente:

En la figura N°32 el concreto patrón obtuvo una mayor permeabilidad al curado con 25.62 mm respectivamente, mientras que el concreto incorporando 0.2% de nanoplaquetas de grafeno obtuvo un 15.33 mm respectivamente, el concreto incorporando 0.5% de nanoplaquetas de grafeno obtuvo un 16.25 mm respectivamente y el concreto incorporando 1.0% de nanoplaquetas de grafeno obtuvo 18.45mm respectivamente.

Figura40

Resultados de ensayo de profundidad de penetración por agua bajo presión.



Nota. La permeabilidad del concreto incorporando 0.2% de nanoplaquetas de grafeno disminuye en un 40.14% con respecto al concreto patrón lo que demuestra que el concreto una mayor protección de la estructura interna, por lo que no permite un fácil ingreso de agua o algunas sales lo cual pueden deteriorar el concreto. El concreto incorporando 0.5% de nanoplaquetas de grafeno disminuye en un 36.56% con respecto al concreto patrón y el concreto incorporando 1.0% de nanoplaquetas de grafeno disminuye en un 27.98% con respecto al concreto patrón. Fuente Elaboración propia (2024).

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Contrastación de la hipótesis

5.1.1 Hipótesis General

HG: La incorporación de nanoplaquetas grafeno mejora la impermeabilización de un concreto f'c 175 kg/cm².

El concreto elaborado con nanoplaquetas de grafeno, mejora la impermeabilización en más del 25% con respecto al concreto, también aumenta la resistencia a la compresión en más del 10% y aumenta la durabilidad del concreto en más del 10%.

Es Válida la hipótesis general debido a que los resultados de los ensayos nos indican que las nanoplaquetas de grafeno mejoró la impermeabilización, obteniendo altas resistencias a la compresión, una mayor durabilidad a los ciclos de congelación y descongelación y una menor permeabilidad a la penetración de agua.

Tabla35*Contrastación de HG*

Hipótesis Específicos	Resultados	Observaciones
HG: La incorporación de nanoplaquetas de grafeno mejora la impermeabilización de un concreto f'c 175 kg/cm2.	El concreto elaborado con nanoplaquetas de grafeno, mejora la impermeabilización en más del 25% con respecto al concreto, también aumenta la resistencia a la compresión en más del 10% y aumenta la durabilidad del concreto en más del 10%.	Es Válida la hipótesis general debido a que los resultados de los ensayos nos indican que las nanoplaquetas de grafeno mejoró la impermeabilización, obteniendo altas resistencias a la compresión, una mayor durabilidad a los ciclos de congelación y descongelación y una menor permeabilidad a la penetración de agua.

Fuente: Elaboración propia (2024).

5.1.2 Hipótesis específica 1

H1: Las nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% aumenta más 10% a la resistencia a la compresión del concreto f'c 175 kg/cm².

Los concretos elaborados adicionando nanoplaquetas de grafeno con 0.2% aumenta un 31.29%, con 0.5% aumenta un 21.21% y con 1.0% aumenta un 11.21% su resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón, mejorando las propiedades mecánicas del concreto.

Es Válida la hipótesis H1 el concreto con nanoplaquetas de grafeno aumentan más del 10% la resistencia a la compresión del concreto, lo cual se demuestra que mejora las propiedades mecánicas del concreto.

Tabla36

Contrastación de hipótesis N°1

Hipótesis Específicos	Métodos Aplicativos	Resultados	Observaciones
H1: Las nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% aumenta un 15% a la resistencia a la compresión del concreto f'c 175 kg/cm ² .	Ensayo de resistencia a la compresión	Los concretos elaborados adicionando nanoplaquetas de grafeno con 0.2% aumenta un 31.29%, con 0.5% aumenta un 21.21% y con 1.0% aumenta un 11.21% su resistencia a la compresión con	Es Válida la hipótesis H1 el concreto con nanoplaquetas de grafeno aumentan más del 10% la resistencia a la compresión del concreto, lo cual se demuestra que mejora las propiedades

Fuente: Elaboración propia (2024).

5.1.3 Hipótesis específica 2

H2: La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% aumenta más 10% en la durabilidad de un concreto f'c 175 kg/cm2.

Los concretos elaborados adicionando nanoplaquetas de grafeno con 0.2% aumenta un 28.56%, con 0.5% aumenta un 21.18% y con 1.0% aumenta un 13.94% la durabilidad del concreto con respecto al concreto patrón.

Es Válida la hipótesis H2 debido a que los resultados de los ensayos nos indican que las nanoplaquetas de grafeno mejoró la durabilidad del concreto en más del 10%, mejorando las propiedades mecánicas del concreto, a exposición de congelación y descongelación e intemperismo.

Tabla37

Contrastación de hipótesis N°02

Hipótesis Específicos	Métodos Aplicativos	Resultados	Observaciones
H2: La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% aumenta más 10% en la durabilidad de un concreto f'c 175 kg/cm2.	Ensayo de congelación y descongelación	Los concretos elaborados adicionando nanoplaquetas de grafeno con 0.2% aumenta un 28.56%, con 0.5% aumenta un 21.18% y con 1.0% aumenta un 13.94% la durabilidad del concreto con respecto al concreto patrón.	Es Válida la hipótesis H2 debido a que los resultados de los ensayos nos indican que las nanoplaquetas de grafeno mejoró la durabilidad del concreto en más del 10%, mejorando las propiedades mecánicas del concreto, a exposición de congelación y descongelación e intemperismo.

Fuente: Elaboración propia (2024).

5.1.4 Hipótesis específica 3

H3: La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% disminuye más 25% en la permeabilidad de un concreto f'c 175 kg/cm².

Los concretos elaborados adicionando nanoplaquetas de grafeno con 0.2% disminuye un 40.14%, con 0.5% disminuye un 36.56% y con 1.0% disminuye un 27.98% la durabilidad del concreto con respecto al concreto patrón.

Es Válida la hipótesis H3 debido a que el concreto incorporando nanoplaquetas de grafeno disminuyó la permeabilidad del concreto en más del 25% mejorando las propiedades del concreto en comparación al concreto patrón.

Tabla38

Contrastación de hipótesis N°03

Hipótesis Específicos	Métodos Aplicativos	Resultados	Observaciones
H3: La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% disminuye más 25% en la permeabilidad de un concreto f'c 175 kg/cm ² .	Ensayo de permeabilidad	Los concretos elaborados adicionando nanoplaquetas de grafeno con 0.2% disminuye un 40.14%, con 0.5% disminuye un 36.56% y con 1.0% disminuye un 27.98% la durabilidad del concreto con respecto al concreto patrón.	Es Válida la hipótesis H3 debido a que el concreto incorporando nanoplaquetas de grafeno disminuyó la permeabilidad del concreto en más del 25% mejorando las propiedades del concreto en comparación al concreto patrón.

Fuente: Elaboración propia (2024).

5.2 Contratación con Antecedentes Internacionales

Tabla39

Contratación de Antecedente Internacional

Antecedente Internacional	Resultados	Observaciones
Jaramillo & Kalfat, (2023) en su investigación "Fresh and hardened performance of concrete enhanced with graphene nanoplatelets (GNPs)" desarrollado en la Universidad Tecnológica de Swinburne, Australia	Se diseñaron siete mezclas diferentes, con proporciones de nanoplaquetas de grafeno de 0.05%, 0.1%, 0.15%, 0.20%, 0.25%, 0.30% y 0.35% respecto al peso del cemento. Se llegó a la conclusión que una concentración óptima del 0.25% de nanoplaquetas de grafeno, en relación con el peso del cemento, incrementó la resistencia a la compresión en un 20.7%.	Se encontraron semejanzas, ya que se elaboraron 3 diseños de mezclas adicionándole nanoplaquetas de grafeno: 0.2%, 0.5%, 1.0% y concreto patrón. Se llegó a la conclusión que la concentración óptima es 0.2% de nanoplaquetas de grafeno, incrementando una resistencia a la compresión de 31.21%.

Fuente: Elaboración propia (2024).

5.3 Contratación con Antecedentes Nacionales

Tabla40

Contratación de Antecedente Nacional

Antecedente Nacional	Resultados	Observaciones
Montañez & Zavala (2020) en su investigación "Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm2 Lima-2020" desarrollado en la Universidad César Vallejo	Realizaron 2 diseños de mezclas con concentraciones del 0.5% y 1.0% para mejorar la durabilidad del concreto. Los resultados mostraron que la resistencia a compresión con 0.50% aumento un 26.96% y con 1.00% aumento un 18.04%. Para la durabilidad con 0.5% aumento un 25.49% y con 1.0% aumento un 17.91% respectivamente.	Se encontraron semejanzas, ya que adicionándole 0.2%, 0.5% y 1.0% nanoplaquetas de grafeno. Se llegó a la conclusión que incrementa la durabilidad más del 10% y para la resistencia aumento más del 10% respectivamente.

Fuente: Elaboración propia (2024).

CONCLUSIONES

En el siguiente capítulo se muestran las conclusiones obtenidas de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación y se demostraron las hipótesis de acuerdo con lo indicado en el Capítulo V, apartado 5.1.

- 1) De acuerdo con los resultados obtenidos y la evaluación realizada, la adición de nanoplaquetas de grafeno o carbono en tres porcentajes diferentes siendo el más óptimo la proporción de 0.2% influye positivamente en la impermeabilización del concreto en diversas medidas. Las nanoplaquetas de grafeno (NPG) mejora la resistencia a la compresión y la durabilidad, mostrando una excelente respuesta frente a agentes externos y aumentando la vida útil del concreto. Además, se observa una disminución en la permeabilidad. Por lo tanto, se puede concluir que las nanoplaquetas de grafeno como aditivo permite tener un concreto eficiente ya que afecta de manera positiva las propiedades físico y mecánicas del concreto.
- 2) La **resistencia a la compresión** con la adición de nanoplaquetas de grafeno, aumenta más del 10%; en concentraciones del 0.2%, 0.5% y 1.0%. Este incremento contribuye significativamente a la mejora de las propiedades mecánicas del concreto. Teniendo a ser más denso y tener una menor porosidad, lo que contribuye a una mayor impermeabilidad.
- 3) La **durabilidad** del concreto con la adición de nanoplaquetas de grafeno, aumenta más del 10%; en concentraciones del 0.2%, 0.5% y 1.0%. Un concreto duradero es menos propenso a la penetración de agua u otros agentes dañinos, lo cual es primordial para su impermeabilización.
- 4) La **permeabilidad** con nanoplaquetas de grafeno disminuye con respecto al

concreto patrón en 25%; en concentraciones del 0.2%, 0.5% y 1.0%. Influyendo positivamente en la impermeabilización del concreto y mejora las propiedades del concreto.

RECOMENDACIONES

Esta investigación explora el potencial de las nanoplaquetas de grafeno en la construcción. A través de un análisis detallado y recomendaciones fundamentadas, se busca entender mejor cómo estas nanoplaquetas pueden mejorar el concreto.

- 1) Realizar estudios a las nanoplaquetas para así aprovechar su potencial máximo del nanomaterial. Efectuar el proceso de dispersión. Aunque en esta investigación se demostró que la simple adición de nanoplacas de grafeno mejora las propiedades del concreto, otros estudios han determinado que el proceso de dispersión mejora aún más dichas propiedades.
- 2) Realizar estudios económicos para determinar la viabilidad a largo plazo de esta tecnología en la mejora de las estructuras de concreto. La adición de nanoplaquetas de grafeno en la mezcla de concreto disminuye la necesidad de realizar mantenimientos con frecuencia en las estructuras, así como la aparición de grietas y fisuras a lo largo del tiempo.
- 3) Obtener muestras de concreto añadiendo proporciones de nanoplaquetas de grafeno inferiores al 1.0% para mejorar su durabilidad expuestos a los sulfatos y cloruros. La investigación mostró que una menor proporción de nanoplaquetas de grafeno aumenta la durabilidad del concreto frente a los ciclos de congelación y deshielo.
- 4) Realizar el ensayo de resistencia a la compresión mayores a 35 días con el fin de determinar cómo influyen las nanoplaquetas de grafeno en sus propiedades y esto sirva para construcciones futuras.
- 5) Fomentar que la Universidad de San Martín de Porres promueva investigaciones sobre aditivos nanotecnológicos, como las nanoplaquetas de grafeno, que, a pesar de sus beneficios científicos, no se produce en el Perú.

Además, recomendar que la Escuela Profesional de Ingeniería Civil impulse el aprendizaje sobre las propiedades mecánicas del concreto al agregar nanoplaquetas de grafeno.

FUENTES DE INFORMACIÓN

360 en concreto. (21 de Enero de 2020). ¿QUÉ ES EL CONCRETO?:

<https://360enconcreto.com/blog/detalle/que-es-el-concreto/>

Becosan. (21 de Julio de 2021). *Durabilidad del hormigón.*

<https://www.becosan.com/es/durabilidad-del-hormigon/>

Bonilla, C. (2023). *Evaluación de las propiedades en estado endurecido del*

concreto f'c 210 kg/cm² adicionando nanoplacas de grafeno, Chiclayo. [Tesis

de grado, Universidad Santo Toribio de Mogrovejo]

<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/6984>

Chávez, R., Gutiérrez, K., Luna, G., & Morales, Ó. (2022). Investigación científica

del grafeno en la industria de la construcción. *Ingeniería Industrial*, 11-24.

https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/download/5798/5621/

Choque, L. (2021). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto F'c =*

210 KG/CM², agregando grafeno. [Tesis doctoral, Universidad Nacional

Federico Villarreal] <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/5000>

Comunicae Newswire,Spain. (15 de Noviembre de 2022). Consolis Tecnyconta

incorpora tecnología de Grafeno.

<https://www.proquest.com/newspapers/consolis-tecnyconta-incorpora->

[tecnología-de/docview/2737005846/se-2](https://www.proquest.com/newspapers/consolis-tecnyconta-incorpora-tecnología-de/docview/2737005846/se-2)

Concreplus. (15 de Abril de 2020). *Tiempo de vida y durabilidad en concreto.*

<https://www.concreplus.com.mx/durabilidad-concreto/>

Concreto Supermix. (2021). *Agregados para la elaboración de concreto*.
<https://www.supermix.com.pe/agregados-para-la-elaboracion-de-concreto/>

Condor, W. (2021). *EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO F'C210 KG/CM2 UTILIZANDO CEMENTO ICO Y MS FRENTE A LA INFLUENCIA DE SULFATOS EN LOS SUELOS DE LA CIUDAD DE PIMENTEL*. [Tesis de grado, Universidad San Martín de Porres]
<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/10029?locale-attribute=en>

Cotrina, N., & Cubas, Y. (2021). *Caracterización del concreto de f'c =175, 210 y 245 kg/cm2 fabricado con agregado reutilizado procedente de escombreras de construcción, Pimentel*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/92689/Cotrina_RN-Cubas_CY-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Empresa de cemento Pacasmayo. (21 de enero de 2024). *Cemento Fortimax Antisalitre*.
<https://www.cementospacasmayo.com.pe/productos/cementos-adicionados/fortimax-con-su-nuevo-empaque-ecosaco>

Fernandez, A., & Puerta, J. (2020). *Estudio de la influencia del curado en la permeabilidad del concreto endurecido bajo variadas condiciones de clima*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3576>

Flores, J., & Vasquez, J. (2022). *Nanopartículas de grafeno para mejorar las propiedades físico mecánicas del concreto*. Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma] <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5509>

- Ghani, M., Sun, B., Houdab, M., Zeng, S., Basit, M., Seif, H., Benjeddou, O. (2024). *Mechanical and environmental evaluation of PET plastic-graphene nano platelets concrete mixes for sustainable construction*. Results in Engineering, 21, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024000781>
- González, N. (2020). *FACTORES QUE INCIDEN EN UNA ADECUADA IMPERMEABILIZACIÓN DEL CONCRETO*. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/1344/Gonzalez%20Barrera%20Nicolas-2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Grupo PCC. (11 de Enero de 2022). Grafeno, ¿qué es y para qué sirve?: <https://www.products.pcc.eu/es/blog/grafeno-que-es-y-para-que-sirve/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- INACAL. (13 de Marzo de 2016). *NTP 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad devolumen o densidad* (: <https://es.scribd.com/document/377662745/NORMA-TECNICA-NTP-400-017-docx>
- INACAL. (29 de Octubre de 2021). *AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo*: <https://es.scribd.com/document/649882034/NTP-339-185>
- INDECOPI. (27 de Junio de 2018). *Norma Técnica Peruana o NTP 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*.:

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-de-tacna/tecnologia-del-concreto/ntp400-norma-tecnica-peruana-granulometria-de-los-agregados/4659039>

INDECOPI. (30 de Diciembre de 2018). Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.: <https://es.slideshare.net/hersacs/ntp-400-037-2014especificacionesagregados>

Jaramillo, L., & Kalfat, R. (2023). *Fresh and hardened performance of concrete enhanced with graphene nanoplatelets (GNPs)*. *Journal of Building Engineering*, 75. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710223011245#sec6>

Jiang, Z., Ozer, S., & Ozbulut, O. (2021). *Mechanical properties of graphene nanoplatelets-reinforced concrete prepared with different dispersion techniques*. *Construction and Building Materials*, 303. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821022297>

Martinez, J. (24 de Noviembre de 2023). *El grafeno llega a la construcción para aumentar la resistencia del hormigón*. <https://www.elmundo.es/economia/2015/11/24/56542ffcca474183438b45f0.html>

Mohsen, M., Al-Disset, M., Aburumman, M., Abdel-Jaber, M., Taha, R., Al Ansari, M., & Abu, A. (2023). Hybrid effect of GNPs, GOs, and CNTs on the flexural and compressive strengths of cement paste. *Journal of Building Engineering*, 73. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710223008586>

- Montañez, B., & Zavala, A. (2020). *Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm² Lima- 2020*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo] <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58431>
- Perez, J. (03 de Abril de 2022). *Planeta Grafeno. ¿QUÉ ES EL GRAFENO?:* <https://planetagrafeno.com/el-grafeno/#comments>
- Racho, A. (2023). *Mejoramiento de las características mecánicas de un muro de albañilería mediante la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en el mortero*. [Tesis de grado, Universidad Santo Toribio de Mogrovejo] https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/6633/1/TL_RachoSaucedoAnderson.pdf
- Rus, E. (01 de Noviembre de 2020). *Investigación aplicada*. Economopedia: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-aplicada.html>
- Sika. (2022). *Concreto Impermeable*. <https://per.sika.com/dms/getdocument.get/2a4c9422-120b-358c-9436-9672bf915150/BROCHURE%20CONCRETO%20IMPERMEABLE%20LATAM.pdf>
- Silva, O. (09 de Junio de 2022). *DURABILIDAD DEL CONCRETO: DEFINIENDO LA FRASE*. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/durabilidad-del-concreto-definiendo-la-frase/>
- Tapia, K. (2020). *Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas de un concreto F'C=210 KG/CM² por efecto de los cementos Pacasmayo, Quisqueya y Qhuna en la región Lambayeque*. [Tesis de grado, Universidad

San Martín de Porres]

<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/7625?locale-attribute=de>

Valle, S., & Mego, J. (2020). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO MOCHICA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I, DE USO MASIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES, EN EL DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGIÓN SAN MARTÍN – 2019*. [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]

http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1047/TESIS_ING.CIVIL_MEGO%20MACEDO%20JOSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Villar, K. (2019). *Durabilidad del hormigón bajo la acción combinada de procesos de lixiviación y hielo/deshielo*. [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Madrid] <https://digital.csic.es/bitstream/10261/215091/1/durabihielodes.pdf>

Zhang, Y., Wang, Y., Yang, M., Wang, H., Chen, G., & Zheng, S. (2021). *Effect of Graphene Nanoplatelet on the Carbonation Depth of Concrete under Changing Climate Conditions*. *Applied sciences*, 11, <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/19/9265>

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

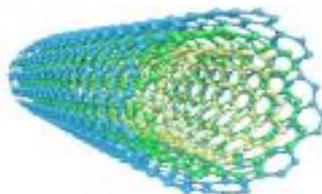
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura						
MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TITULO : IMPERMEABILIZACIÓN DEL CONCRETO F'C=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO						
Elaborado por: Luis Italo Llenque Fiestas						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicador	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			Diseño
¿De qué manera influye la incorporación de las nanoplaquetas de grafeno en la impermeabilización de un concreto f'c 175 kg/cm2?	Determinar la influencia de las nanoplaquetas de grafeno en la impermeabilización de un concreto f'c 175 kg/cm2.	La incorporación de nanoplaquetas grafeno mejora la impermeabilización de un concreto f'c 175 kg/cm2.	X: Nanoplaquetas de grafeno	Dosificación	Nanoplaquetas con 0.2% Nanoplaquetas con 0.5% Nanoplaquetas con 1.0%	Tipo de Investigación Aplicativa Nivel de Investigación Descriptivo Diseño de Investigación Diseño Experimental
Problemas Especificos	Objetivos Especificos	Hipótesis Especifica	Variable Dependiente			Muestra
¿De qué manera influye la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% a la resistencia a la compresión de un concreto f'c=175 kg/cm2?	Determinar la influencia de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0%, en la resistencia a la compresión de un concreto f'c=175 kg/cm2.	Las nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% aumenta más del 15% a la resistencia a la compresión del concreto f'c 175 kg/cm2.		Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	La población está conformada por el conjunto de 96 probetas cilíndricas estandarizadas de concreto elaboradas en laboratorio para la investigación La muestra está compuesta por 36 probetas cilíndricas de concreto las cuales están distribuidas para el ensayo a la compresión de la siguiente manera, 9 a los 07 días, 9 a los 14 días y 9 a los 28 días, 36 para la drabilidad y 24 probetas serán ensayadas para la congelación y descongelación.
¿De qué manera influye la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% en la durabilidad de un concreto f'c=175 kg/cm?	Determinar la influencia de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% en la durabilidad de un concreto f'c=175 kg/cm.	La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% aumenta más del 10% en la durabilidad de un concreto f'c 175 kg/cm2.	Y: Impermeabilización de un concreto f'c 175 kg/cm2	Propiedades mecánicas	Durabilidad	Instrumentos La técnica empleada es la observación experimental ya que dichos datos se obtuvieron mediante la ejecución de ensayos experimentales estandarizados y porque además se describen como influye el gradeno en los concretos para contrarrestar los ciclos de congelación y descongelación.
¿De qué manera influye la incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% en la permeabilidad de un concreto f'c=175 kg/cm?	Determinar la influencia de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% en la permeabilidad de un concreto f'c=175 kg/cm.	La incorporación de nanoplaquetas de grafeno en proporción de 0.2%, 0.5% y 1.0% disminuye más del 25% en la permeabilidad de un concreto f'c 175 kg/cm2.		Propiedades física	Permeabilidad	Procedimiento Se realizó el diseño de mezcla del concreto f'c 175 kg/cm2 incorporando nanoplaquetas de grafeno en las siguientes proporciones 0.2%, 0.5%, 1.0% y un diseño con concreto patrón.

XFQ027 - 工业级多壁碳纳米管 1-10 nm

南京先丰纳米材料科技有限公司制备的工业级多壁碳纳米管 1-10 nm 是由多层同轴类石墨圆柱面叠而成的一维纳米碳材料，由 CVD 法制备，具有高强度、高模量、高导电、柔韧性、导热性、耐热、耐腐蚀性的特点。

技术参数

名称	工业级多壁碳纳米管
管外径	1-10 nm
管内径	1-10 nm
管长	1-10 μm
纯度	>99 wt%
比表面积	>110 m ² /g
松装密度	0.03-0.05 g/cm ³
振实密度	0.04-0.06 g/cm ³
电导率	500-600 S/cm



产品特点

黑色疏松粉末
 尤其适用于增强增韧及减震领域
 可辅助分散剂及分散设备均匀分布于溶剂中

应用领域

复合物添加剂、锂离子电池阳极、电容器、催化剂、电磁波吸收与屏蔽、储氢、传感器等。

声明：我司提供的技术报告面向所有客户，保证技术报告的信息准确性，不保证材料的普适性，不负责由此导致的其他损失。

20170726 第一版

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

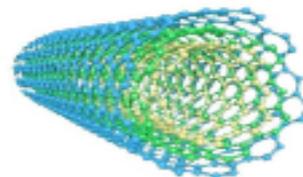
Nanjing XFNANO Materials Tech Co.,Ltd
Add: Nanjing City, Jiangsu Province, China
Zip: for 210033
E-mail: sale@xfnano.com
<http://www.xfnano.com>

XFQ027 – Industrial grade MWCNTs

Multiwalled carbon nanotubes in industrial grade (tube diameter: 1-10 nm) that provided by XFNANO consist of multiple rolled layers (concentric tubes) of carbon atoms. MWCNTs made by CVD method are one-dimensional nano-materials with high strength, modulus and conductivity, flexibility, thermal conductivity, thermostability and corrosion resistance.

Properties

Product name	Industrial grade MWCNTs
Outer diameter	1-10 nm
Inner diameter	1-10 nm
Tube length	1-10 μm
C content	>99 wt%
Specific surface area	>110 m^2/g
Apparent density	0.03-0.05 g/cm^3
Tap density	0.04-0.06 g/cm^3
Conductivity	500-600 S/cm



Product Features

Loose black powder
Especially applicable to conductive and toughening areas
Dispersant and equipments assisted dispersion are recommended.

Application Fields

Reinforcement of composite, improving strength, elasticity, fatigue resistance, isotropy, Lithium-battery anodes, energy conversion, hydrogen storage, supercapacitors, electromagnetic wave absorption and shielding, catalysts, sensors *etc.*

Disclaimer: XFNANO LLC believes that the information in this Technical Data Sheet is accurate and represents the best and most current information available to us. XFNANO Material makes no representations or warranties either express or implied, regarding the suitability of the material for any purpose or the accuracy of the information contained within this document. Accordingly, XFNANO Material will not be responsible for damages resulting from use of or reliance upon this information.

07/26/2017 Ed.1

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

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

Cemento Fortimax

Tipo MS (MH) - Cemento Hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación

Requisitos normalizados - NTP 334.082 / ASTM C1157

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Finura					
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	1.9
Superficie específica	-	-	m ² /kg	NTP 334.002	495
Densidad	-	-	g/cm ³	NTP 334.005	2.95
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.01
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	176
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	294
Contenido de aire en mortero	Máximo	12	%	NTP 334.048	6
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	11.0 (1600)	MPa (psi)	NTP 334.051	21.3 (3090)
7 días	Mínimo	18.0 (2610)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.0 (4200)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	39.9 (5790)
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.004
Expansión por sulfatos a 6 meses	Máximo	0.10	%	NTP 334.094	0.02
Calor de hidratación a 3 días	Máximo	335	kJ/kg	NTP 334.171	242

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos de la NTP 334.082 y la ASTM C1157.



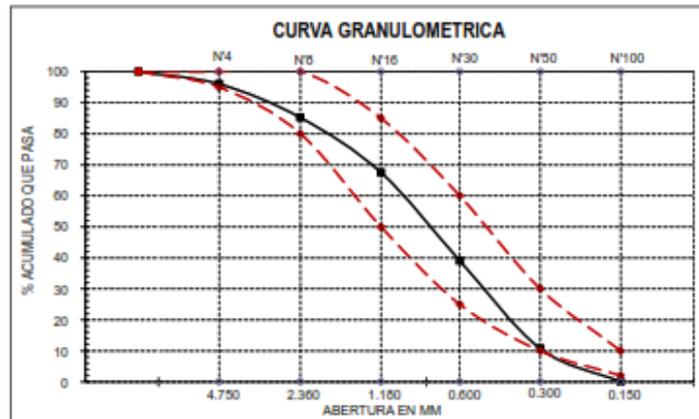
CERTIFICADO DE ENSAYO:
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO FC=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE , LAMBAYEQUE.		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA:	CONCRETO	PROCEDENCIA:	TRES TOMAS
FECHA ENSAYO:	viernes, 5 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE:	0040-2024/CISAC

Peso seco inicial de la muestra 1135.00 gr.

Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Acumul. Retenido	% Acumul. Que Pasa	Especificaciones	
pulg.	mm.				Minimo	Maximo
1/2"	12.70	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 04	4.75	45.00	3.96	96.04	95.00	100.00
Nº 08	2.36	123.00	10.84	85.20	80.00	100.00
Nº 16	1.18	201.00	17.71	67.49	50.00	85.00
Nº 30	0.60	322.00	28.37	39.12	25.00	60.00
Nº 50	0.30	322.00	28.37	10.75	10.00	30.00
Nº 100	0.15	122.00	10.75	0.00	2.00	10.00
Fondo		0.00	100.00	0.00		

Abertura de malla de referencia 9.50 Módulo de Fineza 3.01



Observaciones:

- Materiales proporcionados por el solicitante.
- Normativa

NTP 400.012. Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso.
CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº0337-032-2021 , BALANZA
CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº0320-032-2021 , HORNO DE LABORATORIO
CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº0344-032-2021 , TAMIZ 1/2"

REGISTRO INDECOPI Nº 00130268

LLIFI
JORGE M. LLICAN JACINTO
 LABORATORISTA

(Firma manuscrita)
 Director General

GRUPO LLIFI E.I.R.L.
 DIRECCIÓN: San Martín Nº 800
 Distrito de San José - Lambayeque

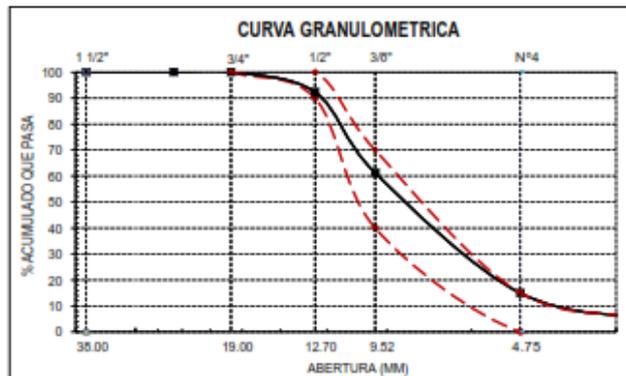
RUC: 20609763125
 CELULAR: 918835658
 CORREO: grupollifi@gmail.com

CERTIFICADO DE ENSAYO:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO FC=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE , LAMBAYEQUE.		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA	CONCRETO	PROCEDENCIA	TRES TOMAS
FECHA ENSAYO:	viernes, 5 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE:	0040-2024/CISAC

Peso seco inicial de la muestra		1109.00		gr.		
Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Acumul. Retenido	% Acumul. Que Pasa	Especificaciones	
					Mínimo	Máximo
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	-	-
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	-	-
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.70	85.0	7.7	92.3	90.0	100.0
3/8"	9.52	345.0	31.1	38.8	61.2	40.0
Nº 04	4.75	513.0	46.3	85.0	15.0	0.0
Nº 08	2.36	111.0	10.0	95.0	5.0	0.0
Nº 16	1.19	34.0	3.1	98.1	1.9	-
Fondo		21.0	1.9	100.0	0.0	-
Tamaño Máximo		3/4"		Tamaño Máximo Nominal		1/2"



Observaciones:
 - Materiales proporcionados por el solicitante.
 - Normativa
 NTP 400.012. Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso
 CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0337-032-2021 , BALANZA
 CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0320-032-2021 , HORNO DE LABORATORIO
 CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0340-032-2021 , TAMIZ 2"
 REGISTRO INDECOPI N° 00130268

JORGE M. LLICAN JACINTO
 LABORATORISTA

GRUPO LLIFI E.I.R.L.
 DIRECCIÓN: San Martín N° 800
 Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
 CELULAR: 918835658
 CORREO: grupollifi@gmail.com

CERTIFICADO DE ENSAYO:

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO F'c=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE , LAMBAYEQUE.		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA:	CONCRETO	PROCEDENCIA:	TRES TOMAS
FECHA ENSAYO:	viernes, 5 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE	0040-2024/CISAC

PESO UNITARIO SECO SUELTO

DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	12877	12956	13444	13092
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	4397	4476	4964	4612
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario seco suelto	kg/m ³	1453	1479	1640	1524

PESO UNITARIO COMPACTADO

DATOS	-	1	2	3	MEDIA
Peso de la muestra + molde	g	13488	13694	13621	13601
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	5008	5214	5141	5121
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario compactado	kg/m ³	1654	1722	1698	1692

RESULTADOS

PESO UNITARIO SUELTO SECO	Kg/m3	1524
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3	1692

Observaciones:

- Materiales proporcionados por el solicitante.
- Normativa

NTP 400.017. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso unitario suelto y compactado del agregado fino

CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0337-032-2021 , BALANZA

REGISTRO INDECOPI N° 00130268

JORGE M. LUCAN JACINTO
LABORATORISTA

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com

CERTIFICADO DE ENSAYO:

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE , LAMBAYEQUE.		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA:	CONCRETO	PROCEDENCIA:	TRES TOMAS
FECHA ENSAYO:	viernes, 3 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE	0040-2024/CISAC

PESO UNITARIO SECO SUELTO

DATOS	-	1	2	3	PROM.
Peso de la muestra + molde	g	13222	13788	13723	13578
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	4742	5308	5243	5098
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario seco suelto	kg/m ³	1567	1754	1732	1684

PESO UNITARIO COMPACTADO

DATOS	-	1	2	3	PROM.
Peso de la muestra + molde	g	13909	14011	13987	13969
Peso del molde	g	8480	8480	8480	8480
Peso de la muestra	g	5429	5531	5507	5489
Volumen del molde	cm ³	3027	3027	3027	3027
Peso unitario compactado	kg/m ³	1794	1827	1819	1813

RESULTADOS

PESO UNITARIO SUELTO SECO	Kg/m3	1684
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m3	1813

Observaciones:

- Materiales proporcionados por el solicitante.
- Normativa
NTP 400.017. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso unitario suelto y compactado del agregado g
fino

CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0337-032-2021 , BALANZA

REGISTRO INDECOPI N° 00130268

JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

**CERTIFICADO DE ENSAYO:
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO**

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE , LAMBAYEQUE.		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA	CONCRETO	PROCEDENCIA	TRES TOMAS
FECHA ENSAYO:	viernes, 5 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE:	0040-2024/CISAC

DATOS

Muestra	-	1	2
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	106	107
Peso de la muestra + fiola + agua	g	757	755
Peso de la fiola + agua	g	690	690
Peso de la muestra seca	g	100	102

CALCULOS

Peso de la muestra sumergida	g	67	65
Volumen de la muestra	cm ³	39	42
Peso especifico seco	g	2.56	2.43
Peso especifico suelo saturado superficialmente seco	g/cm ³	2.72	2.55
Absorción del agregado grueso	%	6.00	4.90

RESULTADOS

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO	g/cm³	2.63
GRADO DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO	%	5.45

Observaciones:

- Materiales proporcionados por el solicitante.
- Normativa

NTP 400.021. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino
CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0337-032-2021 , BALANZA

CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0320-032-2021 , HORNO DE LABORATORIO

CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0323-032-2021 , TAMIZ # 4

REGISTRO INDECOPI N° 00130268


JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA



GRUPO LLIPI E.I.R.L.
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupoLlifi@gmail.com



CERTIFICADO DE ENSAYO:

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE , LAMBAYEQUE.		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA	CONCRETO	PROCEDENCIA	TRES TOMAS
FECHA ENSAYO:	viernes, 5 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE:	0040-2021/CISAC

DATOS

Muestra	-	1	2
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1655	1775
Peso de la muestra + canastilla sumergida	g	1533	1619
Peso de la canastilla sumergida	g	520	520
Peso de la muestra seca	g	1570	1791

CALCULOS

Peso de la muestra sumergida	g	1013	1099
Volumen de la muestra	cm3	642	676
Peso especifico seco	g	2.45	2.65
Peso especifico suelo saturado superficialmente seco	g/cm3	2.58	2.63
Absorción del agregado grueso	%	5.41	-0.89

RESULTADOS

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO	g/cm3	2.60
GRADO DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO	%	2.26

Observaciones:

- Materiales proporcionados por el solicitante.
- Normativa

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

CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0337-032-2021 , BALANZA

CERTIFICADO DE CALIBRACION N°0320-032-2021 , HORNO DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI N° 00130268


JORGE M. LUCAN JACINTO
LABORATORISTA



GRUPO LLIPI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollipi@gmail.com

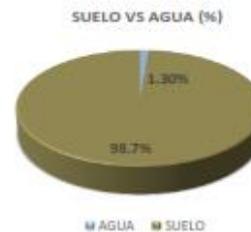
CERTIFICADO DE ENSAYO:

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y GRUESO

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO F'C=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE , LAMBAYEQUE.		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA	CONCRETO	PROCEDENCIA	TRES TOMAS
FECHA ENSAYO:	viernes, 5 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE:	0040-2024/CISAC

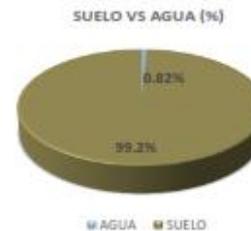
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

DATOS DE ENSAYO	
Nº TARRO	-
TARRO + SUELO HUMEDO	233
TARRO + SUELO SECO	230
PESO DEL AGUA	3
PESO DEL TARRO	0
PESO DEL SUELO SECO	230
PORCENTAJE DE HUMEDAD	1.30%



CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

DATOS DE ENSAYO	
Nº TARRO	-
TARRO + SUELO HUMEDO	245
TARRO + SUELO SECO	243
PESO DEL AGUA	2
PESO DEL TARRO	0
PESO DEL SUELO SECO	243
PORCENTAJE DE HUMEDAD	0.82%



- Normativa

NTP 339.183. Agregados.Metodo de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados finos por secado

NTP 339.183. Agregados.Metodo de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados gruesos por secado

CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº0337-032-2021 , BALANZA

CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº0320-032-2021 , HORNO DE LABORATORIO

REGISTRO INDECOPI Nº 00130268

LLIFI
JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

GRUPO LLIFI E.I.R.L.
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com



DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO FC=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE , LAMBAYEQUE.		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA:	-	Fc DISEÑO (kg/cm2):	175
FECHA:	sábado, 13 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE:	0040-2024/CISAC

DATOS		MATERIALES			
Fc DISEÑO (kg/cm2)	175	CEMENTO	MS (PACASMAYO FORTIMAY)		
ESTRUCTURA	EDIFICACIONES	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)		
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3'-4')	ADITIVOS	Grafito		
AIRE INCORPORADO	NO	ENSAYO	UND	A. FINO	A. GRUESO
EXPOSICIÓN A INTERFERIE	NO PRECISA	P. ESPECÍFICO DE MASA	g/cm ³	2.63	2.60
OBSERVACIONES	NINGUNA	% DE ABSORCIÓN	%	5.45	2.26
		CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.30	0.82
		MÓDULO DE FINEZA	-	3.01	---
		TAMANO MÁX. NOMINAL	-	---	1/2"
		P. UNIT. COMPACTADO	kg/m ³	1692	1813
		P. UNIT. SUBLTO	kg/m ³	1524	1694

PARAMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	f_{cr}	=	243	kg/cm ²
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.63	
AGUA DE MEZCLADO		=	216	lt/m ³
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	2.5	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	0.1	bol/m ³
CONTENIDO DE AGREGADO GRUE	A.G	=	961.07	kg/m ³

DISEÑO

1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMEN	=	0.115	m ³
AGUA	=	0.216	m ³
AIRE	=	0.025	m ³
A. GRU	=	0.369	m ³
TOTAL	=	0.725	m ³

2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUT	0.275	m ³
PESO SECO:	722.91	kg/m ³

3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	343.95	kg/m ³
AGUA DE DISEÑO :	216.00	lt
A. FINO SECO :	722.91	kg/m ³
A. GRUESO SECO :	961.07	kg/m ³

4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS	
A. FINO HUMEDO	732.34 kg/m ³
A. GRUESO HUMEDO	966.96 kg/m ³
HUMEDAD SUPERFICIAL	
A. FINO	-4.15 %
A. GRUESO	-1.44 %
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	
A. FINO	-29.96 lt/m ³
A. GRUESO	-13.81 lt/m ³
AGUA EFECTIVA	239.79 lt

5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	343.95	kg/m ³
AGUA EFECTIVA	239.79	lt
A. FINO HUMEDO	732.34	kg/m ³
A. GRUESO HUMEDO	966.96	kg/m ³

RESULTADOS

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	
PROPORCIÓN EN PESO	1.00	2.13	2.82	32.1	lt/bol
PROPORCIÓN EN VOLUMEN	1.00	2.10	2.51	32.1	lt/bol

Observaciones:

- > Permitir la comprobación de la consistencia del concreto, mediante la verificación de las proporciones de materiales e insumos.
- > Materiales e insumos proporcionados por el solicitante
- > Se deberán utilizar los materiales procedentes del mismo lugar de extracción de la muestra representativa, agua, cemento y aditivos indicados.

REGISTRO INDECOPI N° 00130268

LLIFI
JORGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

VICTOR MANUEL TERE ATOCHE
LABORATORISTA

GRUPO LLIFI E.I.R.L.
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupoLLifi@gmail.com

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO FC=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE , LAMBAYEQUE.		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA:	-	Fc DISEÑO (kg/cm2):	175
FECHA:	sábado, 13 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE:	0040-2024/CISAC

DATOS		MATERIALES			
f_c DISEÑO (kg/cm2)	175	CEMENTO	MS (PACASMAYO PORTIMAX)		
ESTRUCTURA	EDIFICACIONES	AGUA	POTABLE (RED PUBLICA)		
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLASTICA (SR. 3"-4")	ADITIVOS	Grafito		
AIRE INCORPORADO	NO	ENSAYO	UND	A. FINO	A. GRUESO
EXPOSICION A INTERPERIE	NO PRECISA	f. ESPECIFICO DE MASA	g/cm ³	2.63	2.60
OBSERVACIONES	NINGUNA	% DE ABSORCIÓN	%	5.45	2.26
		CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.20	0.82
		MODULO DE FINEZA	-	3.01	---
		TAMANO MAX. NOMINAL	-	---	1/2"
		f. UNIT. COMPACTADO	kg/m ³	1692	1813
		f. UNIT. SUELTO	kg/m ³	1524	1684

PARAMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	f _{cr}	=	243	kg/cm2
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.63	
AGUA DE MEZCLADO		=	216	lt/m3
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	2.3	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	8.1	bol/m3
CONTENIDO DE AGREGADO GRUE	A.G	=	961.07	kg/m3

DISEÑO

1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMEN =	0.115	m ³
AGUA =	0.216	m ³
AIRE =	0.025	m ³
A. GRU =	0.369	m ³
TOTAL =	0.725	m ³

2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUT	0.275	m ³
PESO SECO:	722.91	kg/m ³

3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	343.95	kg/m ³
AGUA DE DISEÑO :	216.00	lt
A. FINO SECO :	722.91	kg/m ³
A. GRUESO SECO :	961.07	kg/m ³

4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS	
A. FINO HUMEDO	732.34 kg/m ³
A. GRUESO HUMEDO	968.98 kg/m ³
HUMEDAD SUPERFICIAL	
A. FINO	-4.15 %
A. GRUESO	-1.44 %
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	
A. FINO	-29.98 lt/m ³
A. GRUESO	-13.81 lt/m ³
AGUA EFECTIVA	239.79 lt

5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	343.95	kg/m³
AGUA EFECTIVA	239.79	lt
A. FINO HUMEDO	732.34	kg/m³
A. GRUESO HUMEDO	968.98	kg/m³

RESULTADOS

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	
PROPORCION EN PESO	1.00	2.13	2.82	32.1	lt/bol
PROPORCION EN VOLUMEN	1.00	2.10	2.51	32.1	lt/bol

Observaciones:

- Pendiente la comprobación de la consistencia del concreto, mediante la verificación de las proporciones de materiales e insumos.
- Materiales e insumos proporcionados por el solicitante
- Se deberán utilizar los materiales procedentes del mismo lugar de extracción de la muestra representativa, agua, cemento y aditivos indicados.

REGISTRO INDECOPI N° 00130268


JORGE M. LUCIAN JACINTO
LABORANTISTA


VICTORIA EUGENIA TORRE ATOCCH
LABORANTISTA



DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO F'c=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE, LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA:	-	Fc DISEÑO (kg/cm2):	175
FECHA:	sábado, 13 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE:	0040-2024/CISAC
DATOS		MATERIALES	
Fc DISEÑO (Kg/cm2)	175	CEMENTO	MS (PACASMAYO FORTIMAX)
ESTRUCTURA	EDIFICACIONES	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"- 4")	ADITIVOS	Grafeno
AIRE INCORPORADO	NO	ENSAYO	UND
EXPOSICION A INTERPERIE	NO PRECISA	P. ESPECÍFICO DE MASA	A. FINO
OBSERVACIONES	NINGUNA	% DE ABSORCIÓN	A. GRUESO
		CONTENIDO DE HUMEDAD	
		MODULO DE FINEZA	
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	
		P. UNIT. COMPACTADO	
		P. UNIT. SUELTO	

PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	Fcr	=	245	kg/cm2
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.63	
AGUA DE MEZCLADO		=	216	lt/m3
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	2.5	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	8.1	bol/m3
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G	=	961.07	kg/m3

DISEÑO

1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO	=	0.115	m3
AGUA	=	0.216	m3
AIRE	=	0.025	m3
A. GRUE	=	0.369	m3
TOTAL	=	0.725	m3

2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO	0.275	m3
PESO SECO:	722.91	kg/m3

3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	343.95	kg/m3
AGUA DE DISEÑO :	216.00	lt
A. FINO SECO :	722.91	kg/m3
A. GRUESO SECO :	961.07	kg/m3

4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS	
A. FINO HUMEDO	732.34 kg/m3
A. GRUESO HUMEDO	966.96 kg/m3
HUMEDAD SUPERFICIAL	
A. FINO	-4.15 %
A. GRUESO	-1.44 %
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	
A. FINO	-29.96 lt/m3
A. GRUESO	-13.61 lt/m3
AGUA EFECTIVA	259.79 lt

5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	343.95	kg/m3
AGUA EFECTIVA	259.79	lt
A. FINO HUMEDO	732.34	kg/m3
A. GRUESO HUMEDO	966.96	kg/m3
ADITIVO	0.69	kg/m3

RESULTADOS

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	ADITIVO	
PROPORCION EN PESO	1.00	2.13	2.82	32.1	0.69	lt/bol
PROPORCION EN VOLUMEN	1.00	2.10	2.51	32.1	-	lt/bol

Observaciones:

- Pendiente la comprobación de la consistencia del concreto, mediante la verificación de las proporciones de materiales e insumos.
- Materiales e insumos proporcionados por el solicitante
- Se deberán utilizar los materiales procedentes del mismo lugar de extracción de la muestra representativa, agua, cemento y aditivos indicados.

REGISTRO INDECOPI N° 00130268

LLIFI
JÓRGE M. LLICAN JACINTO
LABORATORISTA

[Firma]
VICEREA DE CONTROL TECNICO
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com



DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO F'c=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE, LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA:	-	Fc DISEÑO (kg/cm2):	175
FECHA:	sábado, 13 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE:	0040-2024/CISAC
DATOS		MATERIALES	
Fc DISEÑO (Kg/cm2)	175	CEMENTO	MS (PACASMAYO FORTIMAX)
ESTRUCTURA	EDIFICACIONES	AGUA	POTABLE (RED PÚBLICA)
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLÁSTICA (SP. 3"- 4")	ADITIVOS	Grafeno
AIRE INCORPORADO	NO	ENSAYO	
EXPOSICION A INTERPERIE	NO PRECISA	UND	A. FINO
OBSERVACIONES	NINGUNA	A. GRUESO	
		P. ESPECÍFICO DE MASA	gr/cm3
		% DE ABSORCIÓN	%
		CONTENIDO DE HUMEDAD	%
		MODULO DE FINEZA	-
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	"
		P. UNIT. COMPACTADO	kg/m3
		P. UNIT. SUELTO	kg/m3

PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	f _{cr} =	245	kg/cm2
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C =	0.63	
AGUA DE MEZCLADO	=	216	lt/m3
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A =	2.5	%
FACTOR CEMENTO	F.C =	8.1	bol/m3
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G =	961.07	kg/m3

DISEÑO

1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO	=	0.115	m3
AGUA	=	0.216	m3
AIRE	=	0.025	m3
A. GRUE	=	0.369	m3
TOTAL	=	0.725	m3

2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO	0.275	m3
PESO SECO:	722.91	kg/m3

3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	343.95	kg/m3
AGUA DE DISEÑO :	216.00	lt
A. FINO SECO :	722.91	kg/m3
A. GRUESO SECO :	961.07	kg/m3

4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS	
A. FINO HUMEDO	732.34 kg/m3
A. GRUESO HUMEDO	966.96 kg/m3
HUMEDAD SUPERFICIAL	
A. FINO	-4.15 %
A. GRUESO	-1.44 %
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	
A. FINO	-29.96 lt/m3
A. GRUESO	-13.61 lt/m3
AGUA EFECTIVA	259.79 lt

5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	343.95	kg/m3
AGUA EFECTIVA	259.79	lt
A. FINO HUMEDO	732.34	kg/m3
A. GRUESO HUMEDO	966.96	kg/m3
ADITIVO	1.72	kg/m3

RESULTADOS

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	ADITIVO	
PROPORCION EN PESO	1.00	2.13	2.82	32.1	1.72	lt/bol
PROPORCION EN VOLUMEN	1.00	2.10	2.51	32.1	-	lt/bol

Observaciones:

- Pendiente la comprobación de la consistencia del concreto, mediante la verificación de las proporciones de materiales e insumos.
- Materiales e insumos proporcionados por el solicitante
- Se deberán utilizar los materiales procedentes del mismo lugar de extracción de la muestra representativa, agua, cemento y aditivos indicados.

REGISTRO INDECOP N° 00130268

LLIFI
JORGEM LUCIAN JACINTO
LABORATORISTA

LLIFI
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO LLIPI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI

PROYECTO:	IMPERMEABILIZACIÓN DE UN CONCRETO F'c=175 KG/CM2 INCORPORANDO NANOPLAQUETAS DE GRAFENO		
UBICACIÓN:	DISTRITO SAN JOSE , LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	LUIS ITALO LLENQUE FIESTAS		
ESTRUCTURA:		Fc DISEÑO (kg/cm2):	175
FECHA:	sábado, 13 de Abril de 2024	COD. DE EXPEDIENTE:	0040-2024/CISAC

DATOS		MATERIALES			
Fc DISEÑO (Kg/cm2)	175	CEMENTO	MS (PACASMAYO FORTIMAX)		
		AGUA	POTABLE (RED PUBLICA)		
ESTRUCTURA	EDIFICACIONES	ADITIVOS	Grafeno		
CONSISTENCIA DEL CONCRETO	PLASTICA (SP. 3"- 4")	ENSAYO	UND	A. FINO	A. GRUESO
AIRE INCORPORADO	NO	P. ESPECIFICO DE MASA	gr/cm3	2.63	2.60
EXPOSICION A INTERPERIE	NO PRECISA	% DE ABSORCIÓN	%	5.45	2.26
OBSERVACIONES	NINGUNA	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	1.30	0.82
		MODULO DE FINEZA	-	3.01	---
		TAMAÑO MÁX. NOMINAL	"	---	1/2"
		P. UNIT. COMPACTADO	kg/m3	1692	1813
		P. UNIT. SUELTO	kg/m3	1524	1684

PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

RESISTENCIA PROMEDIO	Fcr	=	245	kg/cm2
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO	A/C	=	0.63	
AGUA DE MEZCLADO		=	216	lt/m3
CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	% A	=	2.5	%
FACTOR CEMENTO	F.C	=	8.1	bol/m3
CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO	A.G	=	961.07	kg/m3

DISEÑO

1. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENT	=	0.113	m3
AGUA	=	0.216	m3
AIRE	=	0.025	m3
A. GRUE	=	0.369	m3
TOTAL	=	0.725	m3

2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

VOLUMEN ABSOLUTO	0.275	m3
PESO SECO:	722.91	kg/m3

3. VALORES DE DISEÑO

CEMENTO :	343.95	kg/m3
AGUA DE DISEÑO :	216.00	lt
A. FINO SECO :	722.91	kg/m3
A. GRUESO SECO :	961.07	kg/m3

4. CORRECCION POR HUMEDAD

PESOS HUMEDOS		
A. FINO HUMEDO	732.34	kg/m3
A. GRUESO HUMEDO	968.96	kg/m3
HUMEDAD SUPERFICIAL		
A. FINO	-4.15	%
A. GRUESO	-1.44	%
APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS		
A. FINO	-29.98	lt/m3
A. GRUESO	-13.81	lt/m3
AGUA EFECTIVA	259.79	lt

5. PESOS CORREGIDOS

CEMENTO	343.95	kg/m3
AGUA EFECTIVA	259.79	lt
A. FINO HUMEDO	732.34	kg/m3
A. GRUESO HUMEDO	968.96	kg/m3
ADITIVO	3.44	kg/m3

RESULTADOS

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	ADITIVO	
PROPORCION EN PESO	1.00	2.13	2.82	32.1	3.44	lt/bol
PROPORCION EN VOLUMEN	1.00	2.10	2.51	32.1	-	lt/bol

Observaciones:

- Pendiente la comprobación de la consistencia del concreto, mediante la verificación de las proporciones de materiales e insumos.
- Materiales e insumos proporcionados por el solicitante
- Se deberán utilizar los materiales procedentes del mismo lugar de extracción de la muestra representativa, agua, cemento y aditivos indicados.

REGISTRO INDECOR N° 00130268

JÓRGE M. ULICAN JACINTO
LABORATORISTA

VISTO EN SU LUGAR Y CONFORME
AL REGISTRO INDECOR N° 00130268
EL 13/04/2024

GRUPO LLIFI E.I.R.L
DIRECCIÓN: San Martín N° 800
Distrito de San José - Lambayeque

RUC: 20609763125
CELULAR: 918835658
CORREO: grupollifi@gmail.com