

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DEL 3% Y 5% DEL GRAFITO EN LA  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
210KG/CM<sup>2</sup>.”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Josué Jhonatan Miranda Pumacayo

Asesor:

Ing. Mg. Saulo Gallo Portocarrero

Lima - Perú

2020



## DEDICATORIA

*A mis padres* por brindarme la oportunidad de poder tener un futuro y por creer en mi capacidad brindándome su apoyo incondicional, comprensión, cariño y amor.

*A mis hermanos* quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

*A mis compañeros y amigos*, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegría y tristezas. Y todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome y logrando que este sueño sea realidad.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a *Dios* por permitirme tener vida, salud y una hermosa *familia*, gracias a mi *familia* por darme el soporte en la buena toma de decisiones en el transcurso de mi vida.

Agradezco a la *Universidad Privada del Norte* por haberme permitido estudiar mi carrera profesional, así como al asesor de la presente investigación; al Ingeniero *Saulo Gallo Portocarrero* quien con su dedicación paciencia, esmero y profesionalismo me dirigió durante todo este trayecto.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. Realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema .....	14
1.3. Objetivos .....	14
1.4. Hipótesis.....	15
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
2.1. Tipo de investigación .....	16
2.2. Operacionalización de variables. ....	16
2.3. Población y muestra. ....	17
2.4. Técnicas y materiales .....	19
2.5. Procedimiento de recolección de datos. ....	31
2.6. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos. ....	32
2.7. Aspectos éticos.....	33
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
3.1. A 3 días de edad. ....	36
3.2. A 7 días de edad. ....	40
3.3. A 14 días de edad.....	44
3.4. A 28 días de edad.....	47
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>
Anexo 1. Usos del grafito y la producción mundial. ....	62
Anexo 2. Análisis Granulométrico del agregado fino. ....	63
Anexo 3. Análisis Granulométrico del agregado grueso.....	64
Anexo 4. Ensayos del peso específico y el porcentaje de absorción. ....	65
Anexo 5. Ensayos del contenido de humedad de los agregados. ....	66
Anexo 6. Ensayos de peso unitario suelto del agregado fino. ....	67

Anexo 7. Ensayos de peso unitario suelto del agregado grueso.....	68
Anexo 8. Diseño de mezcla - Materiales.....	69
Anexo 9. Diseño de mezcla.....	70
Anexo 10. Ensayos de las características de los agregados.....	74
Anexo 11. Ensayo de elaboración de probetas.....	76
Anexo 12. Ensayo de rotura de probeta.....	78
Anexo 13. Ficha técnica Grafito.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
Variable independiente – Adición del grafito. ....	16
Variable dependiente – Resistencia a la compresión. ....	17
Cantidad de probetas. ....	18
Características de las probetas (Muestra).....	19
Criterios de clasificación. ....	20
Criterios de aceptación del ensayo. ....	23
Características físicas del Agregado fino. ....	25
Características físicas del Agregado Grueso. ....	26
Propiedades físicas y químicas del grafito. ....	27
Identificación de la sustancia y peligros.....	28
Características de las probetas en el ensayo. ....	30
Instrumentos a usar en laboratorio normalizados.....	31
Resumen de la característica de los agregados.....	35
Dosificación de mezcla del concreto convencional. ....	35
Proporción del grafito respecto al peso del cemento.....	36
Dimensiones de probetas para el concreto convencional.....	36
Carga máxima alcanzada CC a 3 días. ....	37
Dimensiones de probetas para el concreto del 3% de grafito del peso del cemento. ....	37
Carga máxima alcanzada 3% de grafito a 3 días.....	37
Dimensiones de probetas para el concreto del 5% de grafito del peso del cemento. ....	38
Carga máxima alcanzada 5% de grafito a 3 días.....	38
Dimensiones de probetas para el concreto convencional.....	40
Resistencia máxima alcanzada CC a 7 días.....	40

Dimensiones de probetas para el concreto del 7% de grafito del peso del cemento. ....	41
Carga máxima alcanzada 3% de grafito a 7 días. ....	41
Dimensiones de probetas para el concreto del 7% de grafito del peso del cemento. ....	42
Carga máxima alcanzada 5% de grafito a 7 días. ....	42
Dimensiones de probetas para el concreto convencional. ....	44
Resistencia máxima alcanzada CC a 14 días. ....	44
Dimensiones de probetas para el concreto del 3% de grafito del peso del cemento. ....	45
Carga máxima alcanzada 3% de grafito a 14 días. ....	45
Dimensiones de probetas para el concreto del 5% de grafito del peso del cemento. ....	46
Carga máxima alcanzada 3% de grafito a 14 días. ....	46
Dimensiones de probetas para el concreto convencional. ....	48
Resistencia máxima alcanzada CC a 28 días. ....	48
Dimensiones de probetas para el concreto del 3% de grafito del peso del cemento. ....	49
Carga máxima alcanzada 3% de grafito a 28 días. ....	49
Dimensiones de probetas para el concreto del 3% de grafito del peso del cemento. ....	49
Carga máxima alcanzada 5% de grafito a 28 días. ....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grafito en estado natural.....	25
Figura 2 – Promedio de resultados en muestras a los 3 días de curado. Fuente: Elaboración propia. (2019).....	39
Figura 3 – Promedio de resultados en muestras a los 7 días de curado. Fuente: Elaboración propia. (2019).....	43
Figura 4 – Promedio de resultados en muestras a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración propia. (2019).....	47
Figura 5 – Promedio de resultados en muestras a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración propia. (2019).....	51
Figura 6– Resumen de los resultados a 28 días. Fuente: Elaboración propia. (2019). ....	52
Figura 7. Reparto de producción mundial de grafito .....	62
Figura 8 – Usos del grafito en la industria (Carbono).....	62
Figura 9 – Agregado fino y grueso.....	74
Figura 10 – Contenido de humedad de los agregados finos y gruesos .....	74
Figura 11 – Modulo de finura de los agregados finos y gruesos.....	74
Figura 12 – Porcentaje de absorción de los agregados finos y gruesos .....	74
Figura 14 – Uso de la canastilla para el módulo de finura.....	75
Figura 15 – Dosificación de los agregados y agua.....	76
Figura 16 – Dosificación del grafito.....	76
Figura 17 – Preparación de los moldes cilíndricos .....	76
Figura 18 – Llenado de los moldes cilíndricos.....	76
Figura 19 – Desencofrado de las probetas cilíndricas.....	77
Figura 20 – Curado de las probetas cilíndricas .....	77
Figura 21 – Secado de las probetas por 24 horas .....	78
Figura 22 – Probetas con 5% de grafito del peso del cemento.....	78



Figura 23 – Medición del diámetro de las probetas. ....	78
Figura 24 – Medición de la altura de la probeta.....	78
Figura 25 – Rotura de probeta del concreto convencional.....	79
Figura 26 – Rotura de probeta del 5% de grafito .....	79

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Contenido de Humedad .....	21
Ecuación 2. Peso Específico Saturado. ....	21
Ecuación 3 Peso Específico.....	21
Ecuación 4 Porcentaje de absorción.....	22
Ecuación 5 Peso unitario suelto. ....	22
Ecuación 6 Peso unitario compactado.....	23

### Resumen

En la presente investigación se determinó la influencia del 3% y 5% grafito respecto al peso del cemento en la resistencia a la compresión del concreto 210kg/cm<sup>2</sup>. Para esta investigación se obtuvo el grafito pulverizado, siendo esta comercializada por Asbury Carbons. Se usó para el diseño la norma ACI 211.1. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión de la media aritmética de 5 probetas para las edades 3, 7, 14 y 28 días de curado para un diseño de mezcla convencional y un concreto con la adición del 3% y 5% de grafito. De los resultados se pudo observar un incremento de la resistencia a la compresión del 12.59% con la adición de 3% de grafito y 3.16% con la adición del 5% de grafito a la edad de 28 días, recomendando su uso en aplicación de largo y mediano plazo. Finalmente, se recomienda realizar mayores investigaciones acerca del grafito y sus aplicaciones en las diversas ramas de la ingeniería, como vial y en aplicaciones hidráulicas, aportando de esta manera nuevos métodos constructivos fortaleciendo la tecnología del concreto.

***Palabras clave:*** Grafito, Concreto, Resistencia, Compresión

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En toda construcción civil, el concreto es uno de los materiales más utilizados (Barcelo, et all., 2013). Es por ello que, al finalizar la segunda guerra mundial, para economizar costos se fabricaban concretos con agregados reciclados (Moro, 2014). Sin embargo, este método constructivo presentaba fallas mecánicas propias del concreto, afectando en la parte estructural de las edificaciones; en efecto se comenzó a utilizar la incorporación de aditivos en las construcciones y proyectos de gran envergadura con el fin de buscar rentabilidad en las construcciones altamente resistentes evitando sobre dimensionar los elementos estructurales. Paralelo a la incorporación de aditivos se comenzó a usar agregados no convencionales a los diseños de mezcla; es el caso de la implementación de vidrio como agregado; incrementando la resistencia y la durabilidad del concreto (Hwee, 2012). La implementación de productos orgánicos en la dosificación del mortero como las cascaras de arroz, fue también un método benéfico, teniendo una buena adherencia en las paredes de bloques de concreto y generando gran resistencia en procedimientos constructivos de albañilería (Cabrera, et all., 2016).; el uso material no convencionales en la construcción dio cabida a la posibilidad de poder fabricar concretos con materiales no convencionales y teniendo resultados positivos.

La importancia que tiene la adición de tecnologías colaborantes ya sea químico o mineral; son actualmente muy eficaces, aportando resultados positivos en el concreto; dependiendo la composición química que presente el adicional; es el caso de la aplicación del grafito por medio de un rodillo en Ecuador el 2017 con el único fin de mejorar sus propiedades y desempeño de la misma, expandiendo las moléculas del grafito por medio de ultrasonido modificando el incremento de la resistencia del concreto (Sarango y Paul,2016). El grafito es un mineral que en

su composición química presenta una gran cantidad de carbono, este mineral tiene una modificación hexagonal en su estructura molecular, creando una capa tras otra generando resistencia a intentar separar estas moléculas (Siddique y Mehta, 2014). Los átomos de carbono tienen la particularidad de estar entrelazadas entre sí, incrementando la resistencia en relación a su tamaño. Una de las principales propiedades de las fibras de carbono (La unión de miles de filamentos de los mismos con un diámetro de 5 – 10  $\mu\text{m}$ ) es que son materiales muy flexibles, son altamente resistentes, son elementos livianos y de baja densidad en comparación al acero. (Ojeda, 2011). Las fuerzas del grafito se alinean de forma simétrica teniendo compatibilidad con otros enlaces (Sierra, 2015). Según las configuraciones moleculares del grafito, “[Los enlaces entre los esfuerzos vecinos dentro de las láminas se forman a través del traslapeo de orbitales híbridos SP<sup>2</sup>, y los orbitales P perpendiculares restantes se traslapan para contribuir los enlaces PI que están deslocalizados sobre el plano]” (Shriver & Atkins, 2008, pp320), es decir que gracias a la configuración de su enlace doble denominado hibridación trigonal hace que la unión de estas al traslaparse genere un enlace llamado eteno(PI) creando mallas, siendo estas mallas las que generan resistencia al intentar separarlas. Las moléculas de grafito están separadas entre sí a 335Nm, “[Lo cual indica que hay fuerzas de atracción entre ellos denominadas las fuerzas de Van Der Waals]” (Shriver & Atkins, 2008, pp320); estas son las fuerzas atractivas o repulsivas entre moléculas distintas a ellas debidas a su enlace intermolecular. Las fuerzas del grafito se alinean de forma simétrica teniendo compatibilidad con otros enlaces.

Para la aplicación de nanotubos de carbono en el diseño de mezcla, estas deben ser diluidas en agua y agregadas directamente al concreto y de esta forma obtener el mejoramiento de resistencia a compresión, dando valores positivos para aplicaciones a futuro en concretos de alta resistencia (Navarro y Horacio, 2017). La durabilidad y la resistencia del concreto ha generado una atención

significativa en las últimas décadas, siendo un tema central de la investigación hasta ahora (Tang y Andrade, 2015).

El grafito ya es utilizado en Europa y Asia en una diversidad de productos industrializados y comercializados a nivel mundial tales como líneas de lápices, aditivos mecánicos, piezas de ingeniería entre otros según el Servicio Geológico de los Estados Unidos (ver anexo figura 2). La utilización del grafito es muy diversa, enfocadas y aplicadas a muchos campos de investigación tales como la construcción, farmacia, minería, eléctrica, etc. En la Ingeniería Civil, las aplicaciones del grafito han generado buenas expectativas; siendo España uno de lo más desarrollados y beneficiados con este mineral creando aditivos a base de grafeno/grafito tales como las empresas Cabot y Graphenano. En América Latina aun no crean productos derivados del grafito, pero existen antecedentes de su uso. El estudio y desarrollo de nuevas tecnologías constructivas y materiales de construcción; son muy relevantes e indispensables en la actualidad, aportando nuevos procesos constructivos en la tecnología del concreto.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema de investigación general.**

¿Cuál es la influencia de la adición del 3% y 5% del grafito en la resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>?

### **1.2.2. Problema de investigación específico.**

¿Cuánto es la resistencia máxima alcanzada del 3% del grafito de la fuerza a compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 3, 7, 14 y 28 días de curado?

¿Cuánto es la resistencia máxima alcanzada del 5% del grafito de la fuerza a compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 3, 7, 14 y 28 días de curado?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

La presente investigación tiene como objetivo incrementar la resistencia del concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con la adición del 3% y 5% de grafito para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar y evaluar la resistencia máxima alcanzada del 3% del grafito la fuerza axial a compresión sometida al concreto 210kg/cm<sup>2</sup> en su máxima resistencia alcanzada a los 3, 7, 14 y 28 días.

Determinar y evaluar la resistencia máxima alcanzada del 5% del grafito la fuerza axial a compresión sometida al concreto 210kg/cm<sup>2</sup> en su máxima resistencia alcanzada a los 3, 7, 14 y 28 días.

## **1.4. Hipótesis**

Alcanzar con el diseño de mezcla con adición de grafito una resistencia a compresión mayor a la del concreto convencional planteada en 210kg/cm<sup>2</sup>.

### **1.4.1. Hipótesis específicas**

Con la adición del 3% de grafito, mayor será el aporte a la resistencia a la compresión de un concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Con la adición del 5% de grafito, el incremento de la resistencia a la compresión de un concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> no es muy significativa.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental por tener elementos que se mantienen constantes y elementos que son manipulados por el investigador.

Con un enfoque cuantitativo por usar la recolección de datos para probar las hipótesis planteadas con un análisis estadístico para plantear patrones y/o probar teorías.

Teniendo un diseño Cuasi Experimental debido a que se tiene que probar las variables a través de un experimento que procede de manera muy similar al resto de investigaciones comparándose con una variable en diferente contexto.

### 2.2.Operacionalización de variables.

Se consideró variables independientes y dependientes con el fin de poder realizar el estudio y análisis de las hipótesis planteadas a la propiedad variable, buscando la relación entre ambas variables para seguido de ello realizar la correcta metodología basándose en procesos normalizados establecidos.

Tabla 1

*Variables de la investigación.*

Variable	Descripción
Variable independiente	Influencia del grafito
Variable dependiente	Resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración Propia (2019).

Se consideró como variable independiente a la adición del grafito; debido a la dependencia que tiene la resistencia a la compresión del concreto respecto al porcentaje de adición del grafito.

Tabla 2

*Variable independiente – Adición del grafito.*



Definición contextual	Enfoque	Estudios y/o ensayos analizados	Característica
El grafito es un mineral que tiene en su composición molecular el 95% de carbono. Los átomos están fuertemente unidos a través de enlaces covalentes. Estos enlaces al intentar separarlos generan resistencia.	Cualitativa	Ficha técnica, Artículos y antecedentes.	Determinación de las características físicas, químicas.

Fuente: Elaboración Propia (2019).

La variable independiente tomo parámetros de la ficha técnica (Anexo 11) determinando las características mencionadas anteriormente.

Tabla 3

*Variable dependiente – Resistencia a la compresión.*

Definición contextual	Enfoque	Estudios y/o ensayos analizados	Característica
Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Cuantitativo debido a los cálculos realizados en los ensayos.	Análisis petrográficos de los agregados. Diseño de mezcla.	Resistencia máxima alcanzada posterior al ensayo. Determinar gráficos de barra comparativas y regresiones lineales de los resultados para determinar la confiabilidad de los resultados.

Fuente: Elaboración propia (2019).

### 2.3. Población y muestra.

La presente investigación tiene como población a los elementos estructurales de concreto sometidos a compresión.

La muestra es la fabricación de cilindros de concreto (Probetas).

Según la Norma Técnica Peruana 339.036, específica que para la evaluación de la resistencia del concreto en un ensayo a compresión debe estar basada en los resultados de al menos 2 testigos de mezcla para 28L o 1 pie cubico. Sin embargo, para tener un mejor análisis en los resultados, se consideró la elaboración de 5 probetas.

Para determinar el porcentaje de adición de grafito se hizo de manera no probabilística ya que el porcentaje de adición es a criterio propio rigiéndose en los porcentajes mínimos expuesto en la investigación: “*Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto*” donde se aplica el 0.5%, 1% y 1.5%, del grafeno del peso del cemento a modo de aditivo, siendo el 5% el agregado optimo por definición en la adición de aditivos en el momento de mezcla (Ccopa, 2013). En la presente investigación se utilizó el 3% y 5% de grafito del peso del cemento. Se expresa las cantidades utilizadas para la investigación en la tabla número 4.

Tabla 4  
*Cantidad de probetas.*

Edades de curado	Convencional	3% Grafito	5% Grafito
3 días	5 probetas	5 probetas	5 probetas
7 días	5 probetas	5 probetas	5 probetas
14 días	5 probetas	5 probetas	5 probetas
28 días	5 probetas	5 probetas	5 probetas
Cantidad total	20 probetas	20 probetas	20 probetas

Fuente: Elaboración propia (2019).

Las probetas son normalizadas y cumplen ciertas características basadas en la Norma Técnica Peruana 339 034. A continuación, se muestra las características que deben presentar las probetas:

Tabla 5

*Características de las probetas (Muestra).*

Probeta	Características
Dimensiones	De forma cilíndrica con dimensiones iguales. Según ASTM E-9 reconoce como 3 tipos de probetas (cortas, medianas y largas), En la presente investigación se usarán las cortas (8"x 4").
Composición	Considerar agregados finos y gruesos, agregado aglomerante, agua y grafito (3% y 5%). Teniendo en cuenta las características de cada material, proveniencia, tipo y marca.
Agregados (Gruesos y Finos)	Realizar un muestreo de agregados y calcular las características físicas de los mismos, siendo estos valores indispensables para el diseño de mezcla. Como el peso específico, porcentaje de absorción, contenido de humedad, peso unitario seco, etc.
Diseño de mezcla	Considerar el diseño de mezcla según el método del comité ACI 211.1

Fuente: Norma Técnica Peruana 339 034 (2008).

Todas las características en mención deben estar incluidas en la elaboración y composición de cada probeta. Es de mucha importancia mencionar que la dosificación y/o preparación de la mezcla es aplicada por el método ACI 211.1.

## **2.4. Técnicas y materiales**

### **2.4.1. Técnicas aplicadas.**

La presente investigación tiene una alta confiabilidad por tener como base para las características de las probetas a la Norma Técnica Peruana 339.034 y 339.036, de la misma

manera para el diseño de mezcla al ACI 211.1. Es importante tener conocimiento de conceptos básicos de las técnicas para la mejor compresión de la investigación.

**a) Granulometría.**

Se denomina granulometría a la medición y graduación que se hace con los agregados, Este modo operativo está basado en las Normas ASTM C 136 y AASHTO T 27, Estas normas están adaptadas a nuestra realidad, creando un panorama más elocuente con el fin de determinar las propiedades físicas. Este ensayo de laboratorio se realizó en la presente investigación con el fin de usarse para hallar valores de otras características físicas y para determinar el tamaño máximo nominal; datos que se requieren en el diseño de mezcla. En la presente investigación se realizó el análisis granulométrico de los agregados gruesos (**Anexo 2**) y de los agregados finos (**Anexo 3**) teniendo algunos criterios de clasificación expresados en la tabla N°6.

Tabla 6

*Criterios de clasificación.*

<b>Partícula</b>	<b>Tamaño</b>
Arcillas	< 0,002 mm
Limos	0,002-0,06 mm
Arenas	0,06-2 mm
Gravas	2-60 mm
Cantos rodados	60-250 mm
Bloques	>250 mm

Fuente: ASTM C 136.

- Tamaño máximo (tm)

Es el tamiz de menor dimensión por el cual pasa todo el agregado grueso llegando a ser la malla inmediata superior al tamaño máximo nominal.

- Tamaño máximo nominal (tmn)

Es la malla que produce el primer retenido de la fracción gruesa, es decir es la malla inmediata inferior del tamaño máximo.

#### b) Porcentaje de Humedad.

Es un ensayo de laboratorio para determinar el estado de humedad de los agregados, este modo operativo está basado en la Norma ASTM D 2216, estando esta norma sujeta a actualizaciones y/o correcciones. (Anexo 5).

Para el porcentaje de humedad se usó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \quad (1)$$

*Ecuación 1. Contenido de Humedad. Fuente: ASTM D 2216*

#### c) Peso específico.

El peso específico llamado también densidad, es la relación del peso del material entre el volumen que ocupa sin incluir los vacíos. Mediante este ensayo determinamos el peso específico de la masa, peso específico saturado con superficie seca aparente y el porcentaje de absorción. (Anexo 4).

Para el peso específico se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Pe SSS} = \frac{W_s}{W_s - W_a} \quad (2)$$

*Ecuación 2. Peso Específico Saturado. Fuente ASTM C 127; ASTM C 128.*

$$\text{Peso Especifico} = \frac{W_{Seco}}{W_s - W_a} \quad (3)$$

*Ecuación 3 Peso Específico. Fuente ASTM C 127; ASTM C 128.*

**d) Porcentaje de Absorción.**

El porcentaje de absorción es el aumento de la masa en los agregados al verse afectado por la humedad, la capacidad de absorber líquido al estar expuesta al medio ambiente (Anexo 4). El porcentaje de absorción se determina con la fórmula descrita a continuación:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{W_s - W_{seco}}{W_{seco}} \times 100 \quad (4)$$

*Ecuación 4 Porcentaje de absorción. Fuente: ASTM D 2216*

**e) Peso unitario suelto.**

El peso unitario suelto es la cantidad del agregado que puede entrar en un determinado volumen incluyendo los vacíos sin compactar donde el peso unitario expresado en kg/m<sup>3</sup> es igual al peso del recipiente más el agregado en kilogramos menos el peso del recipiente sobre el volumen del recipiente. Cabe mencionar que los recipientes ya están normalizados. (Anexo 6 y 7)

El peso unitario suelto se determina con la fórmula descrita a continuación:

$$\text{PU} = \frac{W_m - W_r}{V} \quad (5)$$

*Ecuación 5 Peso unitario suelto. Fuente: ASTM C 29.*

**f) Peso unitario compactado.**

El peso unitario compactado es la cantidad del agregado que puede entrar en un determinado volumen incluyendo los vacíos compactado donde el peso unitario expresado en kg/m<sup>3</sup> es igual al peso del recipiente más el agregado en kilogramos menos el peso del recipiente sobre el volumen del recipiente. Cabe mencionar que los recipientes ya están normalizados. (Anexo 6 y 7)

El peso unitario suelto se determina con la fórmula descrita a continuación:

$$PU = \frac{Wm - Wr}{V} \quad (6)$$

*Ecuación 6 Peso unitario compactado. Fuente: ASTM C 29.*

**g) Diseño de mezcla.**

El diseño de mezcla es un método para la fabricación del concreto, Este diseño tiene que ser diseñado en su estado fresco y endurecido. El diseño de mezcla nos ayudara a determinar las dosificaciones de cada insumo para la fabricación del concreto. El método que se utilizo es el ACI 211.1.

**h) Resistencia de compresión del concreto.**

El ensayo de resistencia a compresión es un ensayo de aceptación del concreto, el cual verifica cuantitativamente si el concreto cumple o no con las especificaciones técnicas establecida en las normas. Por definición un ensayo de resistencia corresponde al promedio de la resistencia de 3 probetas ensayadas a los 28 días que es donde el concreto llega a su máxima resistencia (ACI 318.08, 2015). La resistencia a la compresión es conforme si cada promedio aritmético es mayor o igual a 200 f'c.

Es importante mencionar que ningún ensayo individual de resistencia sea menor que f'c en más de 35kg/cm<sup>2</sup> cuando el f'c es 350kg/cm<sup>2</sup> o menor. En la presente investigación el f'c es de 210kg/cm<sup>2</sup>. Para tener una alta confiabilidad de las probetas el instituto americano de concreto ACI se basa en 3 criterios de aceptación:

Tabla 7.

*Criterios de aceptación del ensayo.*

Criterio	Características
Criterio 1	Ningún resultado de prueba individual debe ser menor que la resistencia especificada en el f'c.

Criterio 2	El promedio de las tres pruebas de resistencias, no deben ser menores a las resistencias especificadas en el $f_c$ .
Criterio 3	Ninguna de las tres pruebas consecutivas de resistencia deberá ser menos que la resistencia especificada.

---

Fuente: ACI 318.08 (2015).

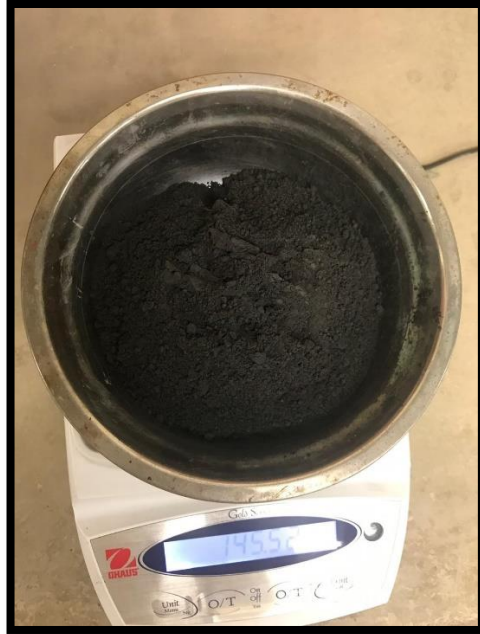
**i) Selección del grafito.**

El grafito es considerado un mineral de elemento nativo. Este mineral se puede producir de manera artificial, a base del carbono amorfo; teniendo usos alternativos como el carbón, el carbón activado entre otros. Existe una gran cantidad de yacimientos del grafito, teniendo como principales productores a China, India y Brasil.

La extracción se realiza de forma subterránea, para luego ser triturado en varias etapas hasta lograr reducir aún más el tamaño. Se extrae la humedad para luego pasar a la molienda, finalmente se hace la separación de impurezas dejando el mayor porcentaje de carbono dentro de su configuración. El grafito se clasifica de acuerdo a su tamaño y se empacan de tal forma, siendo lo mencionado procedimientos de extracción que lo realizan diferentes empresas especializadas.

En la presente investigación el grafito que se empleo fue de la marca ASBURY CARBONS (pulverizado), siendo uno de los proveedores más confiables en la industria del grafito entre otros productos y soluciones de ingeniería, procedentes de Norte América. El producto (Graphite microfyne) se obtuvo a través de la empresa SIA PERU Business SAC empresa que realiza importación y exportación de productos.





*Figura 1. Grafito en estado natural.*

#### 2.4.2. **Materiales empleados.**

La presente investigación presenta una serie de equipos y materiales empleados en el proceso de ejecución. Estos equipos son normalizados y usados de manera correcta y adecuada con el fin de obtener resultados óptimos. Es indispensable conocer los conceptos de los equipos y materiales usados.

##### **a) Agregado Fino -** Cantera “Media luna”. Huachipa- Lima.

Para poder realizar el diseño de mezcla es necesario conocer las características físicas de los agregados, para ello se sometió a ensayos de peso unitario, porcentaje de humedad, porcentaje de absorción, peso unitario suelto, peso unitario compactado, el módulo de finura de la arena (Ver anexo 2 al 7).

Tabla 8

*Características físicas del Agregado fino.*

<b>Ensayo</b>	<b>Valor</b>	<b>Observaciones</b>
---------------	--------------	----------------------

Peso Específico (Pe).	2.71	Esta dentro del rango <2.45;2.71>
Porcentaje de Humedad (%Hum.)	1.78%	No hay rango que determine la norma técnica.
Porcentaje de Absorción (%Abs.)	0.43%	No hay rango que determine la norma técnica.
Peso Unitario Suelto (PUS)	1714.085	Se encuentra fuera del rango <1400kg/m <sup>3</sup> ;1700kg/m <sup>3</sup> >
Peso Unitario Compactado (PUC)	1833.5089	Se encuentra fuera del rango <1550kg/m <sup>3</sup> ;1750kg/m <sup>3</sup> >
Tamaño máximo nominal	N° 4	
Módulo de Finura (mfa)	2.83	Se encuentra dentro del rango <0.79;3.81>

Nota: En la tabla 8 se especifican las características físicas del agregado fino determinando los rangos establecidos en la norma; asegurando la aceptación de cada ensayo. Fuente: Elaboración propia (2019).

#### **Agregado Grueso - Cantera “Media luna”. Huachipa- Lima.**

Para poder realizar el diseño de mezcla es necesario conocer las características físicas de los agregados, para ello se sometió a ensayos de peso unitario, porcentaje de humedad, porcentaje de absorción, peso unitario suelto, peso unitario compactado, el módulo de finura de la grava (Ver anexo 2 al 7).

El agregado grueso se escogió de tal manera de que no esté contaminado para no alterar el resultado y no disminuir la resistencia del concreto.

Tabla 9

#### *Características físicas del Agregado Grueso.*

Ensayo	Valor	Observaciones
Peso Específico (Pe).	2.65	Esta dentro del rango

<2.41 ;2.71>

Porcentaje de Humedad (%Hum.)	0.50%	No hay rango que determine la norma técnica.
Porcentaje de Absorción (%Abs.)	0.69%	No hay rango que determine la norma técnica.
Peso Unitario Suelto (PUS) kg/m <sup>3</sup>	1453.199	Esta dentro del rango <1350 kg/m <sup>3</sup> ; 1680 kg/m <sup>3</sup> >
Peso Unitario Compactado (PUC) kg/m <sup>3</sup>	1563.623	No hay rango que determine la norma técnica.
Tamaño máximo nominal	1'	-
Módulo de Finura (mfg)	3.88	No hay rango que determine la norma técnica.

Nota: En la tabla 9 se especifican las características físicas del agregado grueso determinando los rangos establecidos en la norma; asegurando la aceptación de cada ensayo. Fuente: Elaboración propia (2019).

#### b) Agregado Aglomerante.

Agregado Aglomerante: Cemento Sol Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso. Peso específico 3.15 gm/cm<sup>3</sup>.

#### c) Agua.

Potable de la red del servicio público obtenida de las instalaciones de la Universidad Privada del Norte.

#### d) Grafito.

Grafito, CAS 7782-42-5. 95% de carbono y 5% de Ceniza inerte. Grafito de escamas naturales de la compañía Asbury Carbons, Inc. Con certificación ISO 9001:2015. Se describen las propiedades físicas y químicas del grafito.

Tabla 10.

*Propiedades físicas y químicas del grafito.*

Propiedades	Valor
Color	Gris a negro.
Olor	Ninguno.
Gravedad Especifica	2.26.
Solubilidad en agua	Insoluble.
Temperatura de descomposición.	Se oxida por encima de 450°C.
Estado del material	Sólido, granular o en polvo.
Punto de fusión	Sublimación a 3652°C.
Reactividad	El grafito no es reactivo en condiciones ambientales.
Estabilidad	Estable. No se polimeriza ni reacciona por sí mismo de manera espontánea.

Fuente: Hoja de datos de seguridad, Ficha técnica Asbury Carbons (2018). Recuperado de <https://asbury.com/resources/education/science-of-graphite/natural-flake-graphite/>.

Tabla 11.

*Identificación de la sustancia y peligros.*

Característica	Valor
Identificación	Nombre Comercial: Grafito natural 95% + Carbono. Grado: MICROFYNE.
Usos identificados de la sustancia	Fuente inorgánica de carbono, relleno, aditivo térmico, polvos de fundición, aditivo plástico, aditivo químicamente resistente, concreto entre otros.
Proveedor	Compañía/Fabricante: Asbury Carbons, Inc.
Peligros	El grafito natural no es una sustancia peligrosa, no presenta riesgos.
Información ecológica	No presenta peligros ambientales.

Fuente: Hoja de datos de seguridad, Ficha técnica Asbury Carbons (2018). Recuperado de <https://asbury.com/resources/education/science-of-graphite/natural-flake-graphite/>

## **Equipos.**

### **a) Máquina de Compresión.**

Este equipo llamado comúnmente prensa de compresión sirve para poder realizar los ensayos de las probetas y de esta manera poder demostrar resultados aplicando fuerzas hasta llegar a la falla. Cabe mencionar que existen maquinas especializadas que arrojan datos estadísticos.

### **b) Mezcladora.**

Es un equipo con un recipiente giratorio que ayuda a mezclar los agregados dando como resultado el concreto. Los equipos de mezcla tienen que tener mantenimiento y encontrarse en un buen estado para su buen trabajo.

### **c) Estanque de Curado.**

Este equipo es un estanque de agua tratada con una temperatura adecuado, en este recipiente es donde las probetas reposan en sus diferentes edades (3, 7, 14 y 28 días) previos a ser ensayados en la prensa de compresión, estos estanques por lo general están acondicionados para poder almacenar cantidades grandes de especímenes.

## **Herramientas.**

### **a) Cono de Abrams.**

Es un instrumento metálico que comúnmente se utiliza para determinar la trabajabilidad del concreto en su estado fresco. Este instrumento mayormente se utiliza antes de llenar las probetas siendo un indicador muy importante el Slump obtenido.

### **b) Varilla Chuseadora.**

Es una herramienta metálica usada en la elaboración del concreto en el llenado de las probetas después de realizar el ensayo de trabajabilidad (Cono de Abrams), siendo

la varilla un elemento de compactación. En obras reales se usan vibradoras para obtener el mismo resultado.

### c) Moldes Cilíndricos

Las probetas son de forma cilíndricas y el diámetro individual no debe diferir del otro diámetro del mismo cilindro más del 2%. Para realizar el ensayo se usará el método del ACI para tener resultados confiables y se deben cumplir las siguientes características:

Tabla 12.

*Características de las probetas en el ensayo.*

Probetas	Características
Dimensiones	Las probetas no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro tipo de diámetro del mismo cilindro. Esto generalmente ocurre cuando los moldes están desgastados y no dan la simetría adecuada para el ensayo.
Antes del ensayo	Asegurar que las probetas están perpendicular a los ejes donde se aplique la fuerza, de lo contrario se deberá limar la superficie de las probetas a fin de alcanzar simetría.
Número de probetas	Se designó 15 probetas en total para ver sus diferentes reacciones y comportamientos expresados en la curva de elasticidad del concreto.

Fuente: Norma Técnica Peruana 339 034.

### d) Martillo de goma.

El martillo de goma es una herramienta usada para la compactación junto con la varilla chuseadora, dando golpes en las paredes de los moldes de las probetas e incluso

se usa también cuando se realiza el ensayo de trabajabilidad (Cono de Abrams)  
distribuyendo los líquidos y dando una buena compactación.

**e) Recipientes.**

Para la elaboración del ensayo a compresión de las probetas se tiene que considerar los siguientes instrumentos que tienen que estar normalizados:

Tabla 13.

*Instrumentos a usar en laboratorio normalizados.*

Instrumentos	Características
Máquina de ensayo	La máquina debe estar capacitada para promover una velocidad de carga indicada. Teniendo en cuenta la verificación y calibración de la misma, el diseño, exactitud y accesorios completos.
Moldes cilíndricos	Contar con la medida exacta de probetas.
Varilla	Diámetro de 16 mm (5/8), longitud 500 mm +- 100, punta semiesférica.
Mazo de goma	Peso aproximado de 600 g +-200g
Pala, plancha de albañil, regla para enrasar u otros instrumentos a usar	Verificar las características y calidades de las herramientas.

Fuente: Norma Técnica Peruana 339 034.

**2.5. Procedimiento de recolección de datos.**

Se determinó las fuentes de investigación que aporten información a la resistencia a la compresión, buscando en plataformas educativas, para de esta manera garantizar la calidad de la información de las tesis, revistas, papers entre otros. Plataformas como Dialnet, Scielo, Scopus, Doaj, Latindex, Ebsco, Google Académico, etc. Se ingresaron las siguientes palabras claves: grafito, carbono, tecnología de concreto, resistencia a la compresión.

Se identifico las varibales dependientes e independientes de la investigacion; conociendo los parametros, propiedades, operacion de las variables y la relacion que tienen entre si.

Se hizo una solicitud a la Universidad Privada del Norte - Sede Lima Centro para poder efectivo el uso de sus instaciones del laboratorio de concreto y realizar las pruebas, ensayos de los agregados petreos y las roturas de las probetas.

Se usó la norma ASTM C39 para el procedimiento en la elaboración de las probetas, de la misma forma se usó la norma ACI 211.1 para el diseño de mezcla, siendo estas normas.

Se identificó el grafito a usar, la preparación y la compañía que lo comercializa; determinando los peligros que puede tener el grafito, su estabilidad y su posible reactividad negativa ante mezclas con otros insumos y/o medidas de prevención especificada en la ficha técnica del producto.

Se escogió la cantera para el abastecimiento de agregados gruesos y finos; se hizo el análisis de las propiedades de los agregados realizando ensayos tales como: el análisis granulométrico, módulo de finura, peso específico de los agregados pétreos, porcentaje de absorción y contenido de humedad.

Se realizó el diseño y elaboración de mezcla con el método ACI 211.1. de un concreto convencional, 3% de grafito y 5% de grafito. Se realizó los ensayos de rotura a compresión de probetas cilíndricas en 4 edades del concreto para las edades: 3, 7,14 y 28 días de curado.

## **2.6. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos.**

Se obtuvo los datos de carga expresados en Kg con la ayuda de una prensa hidráulica, este valor se dividió entre el área del testigo, para obtener el  $f'c$  (kg/cm<sup>2</sup>). Esta acción se realizó para el concreto convencional, 3% de grafito y 5% de grafito en las diferentes edades de curado (3,7,14,28 días).



Se determinó el análisis de distribución como una investigación paramétrica, debido a la existencia de una variable dependiente para obtener los resultados basadas en cálculos.

Se hizo una comparación en grafico de barras de la media aritmética de las  $f'c$  (kg/cm<sup>2</sup>), resistencia alcanzada (%) y la variación respecto al concreto convencional (%).

Se realizó graficas de regresiones lineales para los 28 días de edad, determinado la tendencia de los puntos de dispersión de la edad de curado y el diseño de mezcla.

Finalmente se realizó la comparación e interpretación de datos.

## **2.7. Aspectos éticos**

La presente investigación cumple con los deberes generales estipulados en el capítulo II del código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú usando las normas técnicas correspondientes vigentes.

Todos los materiales fueron seleccionados equitativamente para su evaluación independiente y posibles impactos ambientales negativo que puedan ocasionar, como parte de los criterios éticos en relación con la sociedad establecida el artículo 99 del código deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú para cada material sobre su veracidad y autorización del mismo.

Es importante tener en cuenta que la relación profesional con otros ingenieros tiene que ser con sumo respeto y admiración por sus logros de investigación, en la presente investigación se respeta la opinión crítica de los ingenieros en sus aportes con sus temas de investigación tomando como referencia textos parafraseados aceptando la interpretación de los ingenieros según como está estipulado en el artículo 41 del código de ética del colegio de ingenieros del Perú.

Estos parámetros corroboran la veracidad de los mismos por medio de las características físicas y químicas del grafito que certifican el uso del insumo, demostrado en la ficha técnica.

Así mismo la veracidad de los agregados y los ensayos en las instalaciones de la Universidad Privada del Norte previa solicitud con la supervisión del técnico laboratorista.

La presente investigación tiene como referencia de tipos de letra, estructura y formato a “American Psychological Association” (APA) sexta edición, cumpliendo con los estándares establecidos en la norma en mención. así mismo se da fe de la ausencia de plagio y/o copia en la investigación.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Para determinar la resistencia obtenida de las probetas, es indispensable conocer las características físicas de los agregados mencionados a continuación:

Tabla 14

*Resumen de la característica de los agregados.*

Ensayos	Arena	Piedra
PE	2.71	2.65
PUS (kg/m <sup>3</sup> )	1714.09	1453.20
PUC (kg/cm <sup>3</sup> )	1833.51	1563.62
%w	1.78%	0.50%
TMN	N° 4	1"
MF	2.83	3.88
Abs (%)	0.43%	0.69%
Pe (cemento)	3.15	g/cm <sup>3</sup>
Pe (agua)	1	g/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia (2019).

Se realizó el diseño de mezcla con el método del comité de ACI 211.1.

Tabla 15

*Dosificación de mezcla del concreto convencional.*

Materiales	Dosificación	Unidades
Cemento	2.96	Kg
Agua	1.66	Lt
Arena	7.99	Kg
Piedra	7.40	Kg
Total	20	Kg

Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se realizó las variaciones del diseño de mezcla. Para la dosificación del grafito se tomó el 3% y 5% del mineral respecto al peso del cemento diseñado.

Tabla 16

*Proporción del grafito respecto al peso del cemento.*

Diseño de mezcla	Proporción (kg)	Proporción (kg/cm <sup>3</sup> )
Diseño convencional	0.000	0.000
Diseño 3%	0.089	10.207
Diseño 5%	0.148	17.012

Fuente: Elaboración propia. (2019).

En la presente investigación se hizo el análisis del concreto del concreto convencional, 3% y 5% de adición de grafito del peso del cemento expresadas en diferentes días de curado.

### 3.1. A 3 días de edad.

- Concreto convencional (CC).

Tabla 17

*Dimensiones de probetas para el concreto convencional.*

Probeta	Diámetro			Altura			
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Promedio (cm)
PC-1	10.167	10.122	10.14	20.064	20.073	20.088	20.08
PC-2	10.221	10.208	10.21	19.752	19.753	19.79	19.77
PC-3	10.16	10.141	10.15	20.507	20.517	20.507	20.51
PC-4	10.185	10.128	10.16	20.352	20.411	20.441	20.40
PC-5	10.136	10.176	10.16	20.173	20.173	20.281	20.21

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

Tabla 18

*Carga máxima alcanzada CC a 3 días.*

Probeta	Carga Máxima (kg)	F'C (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Alcanzada (%)
PC-1	6820	84.38	40.18
PC-2	6840	83.47	39.75
PC-3	6275	77.55	36.93
PC-4	6950	85.79	40.85
PC-5	6950	85.80	40.85
<b>P – CC(*)</b>	<b>6767</b>	<b>83.40</b>	<b>39.71</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

- 3% de adición de grafito del peso del cemento.

Tabla 19

*Dimensiones de probetas para el concreto del 3% de grafito del peso del cemento.*

Probeta	Diámetro			Altura			
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Promedio (cm)
P3-1	10.115	10.114	10.11	20.328	20.32	20.34	20.33
P3-2	10.111	10.144	10.13	20.231	20.386	20.339	20.32
P3-3	10.156	10.14	10.15	20.463	20.418	20.507	20.46
P3-4	10.136	10.17	10.15	20.32	20.321	20.355	20.33
P3-5	10.156	10.167	10.16	20.3	20.331	20.241	20.29

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

Tabla 20

*Carga máxima alcanzada 3% de grafito a 3 días.*

Probeta	Carga Máxima	F'C	Resistencia
	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	Alcanzada (%)
P3-1	7236	90.06	42.89
P3-2	7360	91.37	43.51
P3-3	7256	89.71	42.72
P3-4	7401	91.42	43.53
P3-5	7520	92.73	44.16
<b>P – 3% (*)</b>	<b>7354.60</b>	<b>91.06</b>	<b>43.36</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

- 5% de adición de grafito del peso del cemento.

Tabla 21

*Dimensiones de probetas para el concreto del 5% de grafito del peso del cemento.*

Probeta	Diámetro			Altura			
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Promedio (cm)
P5-1	10.17	10.19	10.18	20.282	20.416	20.268	20.32
P5-2	10.146	10.149	10.15	20.455	20.41	20.386	20.42
P5-3	10.125	10.12	10.12	20.494	20.456	20.454	20.47
P5-4	10.136	10.131	10.13	20.332	20.354	20.346	20.34
P5-5	10.161	10.16	10.16	20.312	20.324	20.341	20.33

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

Tabla 22

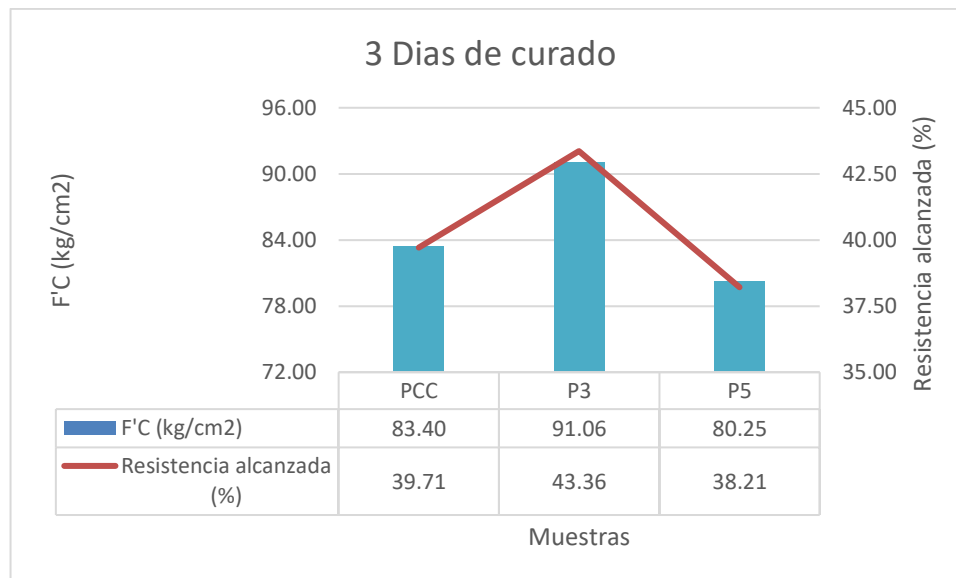
*Carga máxima alcanzada 5% de grafito a 3 días.*

Probeta	Carga Máxima	F'C	Resistencia
	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	Alcanzada (%)

P5-1	6798	83.52	39.77
P5-2	6345	78.46	37.36
P5-3	6759	83.99	40.00
P5-4	6659	82.57	39.32
P5-5	5894	72.69	34.62
<b>P – 5% (*)</b>	<b>6491.00</b>	<b>80.25</b>	<b>38.21</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se realizó el resumen de los resultados obtenidos a los 3 días de edad por medio del gráfico de barras.



*Figura 2 – Promedio de resultados en muestras a los 3 días de curado. Fuente: Elaboración propia. (2019).*

Se puede interpretar en base a los resultados que el concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con 3% de grafito aporta mayor resistencia a la compresión, alcanzado el 43.36 % de la resistencia diseñada a los 3 días de curado.

Se puede interpretar en base a los resultados que el concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con 5% de grafito no tiene un aporte significativo en la resistencia a la compresión, alcanzando el 38.21% de la resistencia diseñada a los 3 días de curado, siendo este valor menor al concreto convencional.

### 3.2. A 7 días de edad.

- Concreto convencional.

Tabla 23

*Dimensiones de probetas para el concreto convencional.*

Probeta	Diámetro			Altura			
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Promedio (cm)
PC-1	10.167	10.122	10.14	20.064	20.073	20.088	20.08
PC-2	10.221	10.208	10.21	19.752	19.753	19.79	19.77
PC-3	10.16	10.141	10.15	20.507	20.517	20.507	20.51
PC-4	10.185	10.128	10.16	20.352	20.411	20.441	20.40
PC-5	10.136	10.176	10.16	20.173	20.173	20.281	20.21

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

Tabla 24

*Resistencia máxima alcanzada CC a 7 días.*

Probeta	Carga Máxima	F'C	Resistencia
	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	Alcanzada (%)
PC-1	10132	125.36	59.69
PC-2	9964	121.60	57.90
PC-3	10145	125.37	59.70
PC-4	9996	123.38	58.75



PC-5	10256	126.61	60.29
<b>P- CC (*)</b>	<b>10098.60</b>	<b>124.46</b>	<b>59.27</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

- 3% de adición de grafito del peso del cemento.

Tabla 25

*Dimensiones de probetas para el concreto del 7% de grafito del peso del cemento.*

Probeta	Diámetro			Altura			
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Promedio (cm)
P3-1	10.115	10.114	10.11	20.328	20.32	20.34	20.33
P3-2	10.111	10.144	10.13	20.231	20.386	20.339	20.32
P3-3	10.156	10.14	10.15	20.463	20.418	20.507	20.46
P3-4	10.136	10.17	10.15	20.32	20.321	20.355	20.33
P3-5	10.156	10.167	10.16	20.3	20.331	20.241	20.29

Fuente: Elaboración propia. (2019).

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros.

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

Tabla 26

*Carga máxima alcanzada 3% de grafito a 7 días.*

Probeta	Carga Máxima	F'C	Resistencia
	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	Alcanzada (%)
P3-1	10468	130.29	62.04
P3-2	10654	132.26	62.98
P3-3	10627	131.39	62.57
P3-4	10536	130.14	61.97

P3-5	10594	130.64	62.21
<b>P – 3% (*)</b>	<b>10575.80</b>	<b>130.94</b>	<b>62.35</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

- 5% de adición de grafito del peso del cemento.

Tabla 27

*Dimensiones de probetas para el concreto del 7% de grafito del peso del cemento.*

Probeta	Diámetro			Altura			
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Promedio (cm)
P5-1	10.17	10.19	10.18	20.282	20.416	20.268	20.32
P5-2	10.146	10.149	10.15	20.455	20.41	20.386	20.42
P5-3	10.125	10.12	10.12	20.494	20.456	20.454	20.47
P5-4	10.136	10.131	10.13	20.332	20.354	20.346	20.34
P5-5	10.161	10.16	10.16	20.312	20.324	20.341	20.33

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

Tabla 28

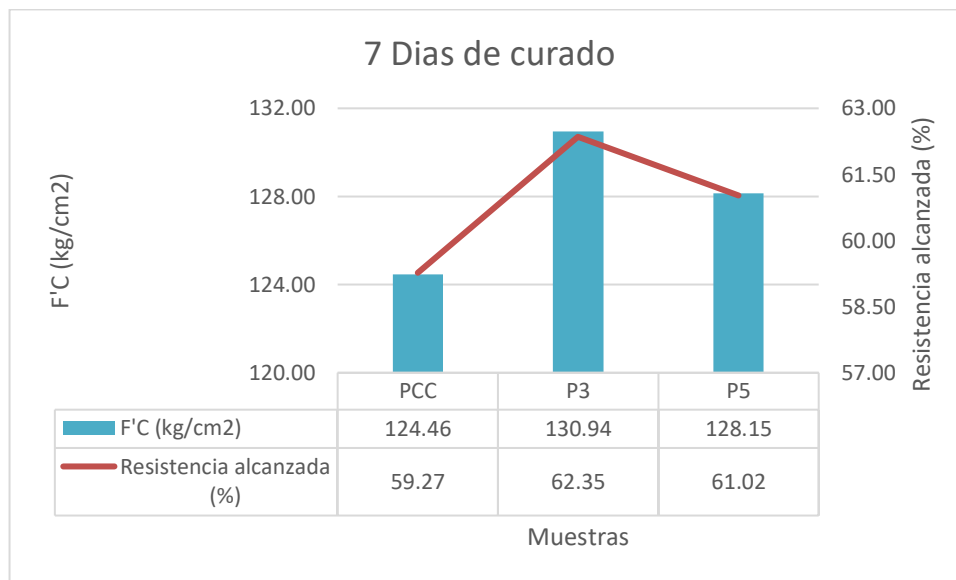
Carga máxima alcanzada 5% de grafito a 7 días.

Probeta	Carga Máxima (kg)	F'C (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Alcanzada (%)
P5-1	10494	128.93	61.40
P5-2	10273	127.03	60.49
P5-3	10453	129.89	61.85
P5-4	10288	127.57	60.75

P5-5	10323	127.32	60.63
<b>P – 5% (*)</b>	<b>10366.20</b>	<b>128.15</b>	<b>61.02</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se realizó el resumen de los resultados obtenidos a los 7 días de edad por medio del gráfico de barras.



*Figura 3 – Promedio de resultados en muestras a los 7 días de curado. Fuente: Elaboración propia. (2019).*

Se puede interpretar en base a los resultados que el concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con 3% de grafito aporta mayor resistencia a la compresión, alcanzado el 62.35 % de la resistencia diseñada a los 7 días de curado.

Se puede interpretar en base a los resultados que el concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con 5% de grafito no tiene un aporte significativo en la resistencia a la compresión, alcanzando el 61.02% de la resistencia diseñada a los 7 días de curado, sin embargo, este valor es superior al concreto convencional.

### 3.3. A 14 días de edad.

- Concreto convencional.

Tabla 29

*Dimensiones de probetas para el concreto convencional.*

Probeta	Diámetro			Altura			
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Promedio (cm)
PC-1	10.167	10.122	10.14	20.064	20.073	20.088	20.08
PC-2	10.221	10.208	10.21	19.752	19.753	19.79	19.77
PC-3	10.16	10.141	10.15	20.507	20.517	20.507	20.51
PC-4	10.185	10.128	10.16	20.352	20.411	20.441	20.40
PC-5	10.136	10.176	10.16	20.173	20.173	20.281	20.21

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

Tabla 30

*Resistencia máxima alcanzada CC a 14 días.*

Probeta	Carga	F'C	Resistencia
	Máxima (kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )	Alcanzada (%)
PC-1	13696	169.46	80.69
PC-2	13756	167.87	79.94
PC-3	13761	170.06	80.98
PC-4	12961	159.98	76.18
PC-5	13088	161.57	76.94
<b>P – CC% (*)</b>	<b>13452.40</b>	<b>165.79</b>	<b>78.95</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

- 3% de adición de grafito del peso del cemento.

Tabla 31

*Dimensiones de probetas para el concreto del 3% de grafito del peso del cemento.*

Probeta	Diámetro			Altura			Promedio (cm)
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	
P3-1	10.115	10.114	10.11	20.328	20.32	20.34	20.33
P3-2	10.111	10.144	10.13	20.231	20.386	20.339	20.32
P3-3	10.156	10.14	10.15	20.463	20.418	20.507	20.46
P3-4	10.136	10.17	10.15	20.32	20.321	20.355	20.33
P3-5	10.156	10.167	10.16	20.3	20.331	20.241	20.29

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

Tabla 32

*Carga máxima alcanzada 3% de grafito a 14 días.*

Probeta	Carga Máxima (kg)	F'C (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Alcanzada (%)
P3-1	13659	170.00	80.95
P3-2	13436	166.80	79.43
P3-3	13510	167.04	79.54
P3-4	13750	169.84	80.88
P3-5	13822	170.44	81.16
<b>P – 3% (*)</b>	<b>13635.40</b>	<b>168.82</b>	<b>80.39</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

- 5% de adición de grafito del peso del cemento.

Tabla 33

*Dimensiones de probetas para el concreto del 5% de grafito del peso del cemento.*

Probeta	Diámetro			Altura			
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Promedio (cm)
P5-1	10.17	10.19	10.18	20.282	20.416	20.268	20.32
P5-2	10.146	10.149	10.15	20.455	20.41	20.386	20.42
P5-3	10.125	10.12	10.12	20.494	20.456	20.454	20.47
P5-4	10.136	10.131	10.13	20.332	20.354	20.346	20.34
P5-5	10.161	10.16	10.16	20.312	20.324	20.341	20.33

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

Tabla 34

*Carga máxima alcanzada 3% de grafito a 14 días.*

Probeta	Carga Máxima (kg)	F'C (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Alcanzada (%)
P5-1	13408	164.74	78.45
P5-2	13459	166.42	79.25
P5-3	13512	167.91	79.96
P5-4	13461	166.91	79.48
P5-5	13459	166.00	79.05
<b>P – 5% (*)</b>	<b>13459.80</b>	<b>166.40</b>	<b>79.24</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se realizó el resumen de los resultados obtenidos a los 3 días de edad por medio del gráfico de barras.

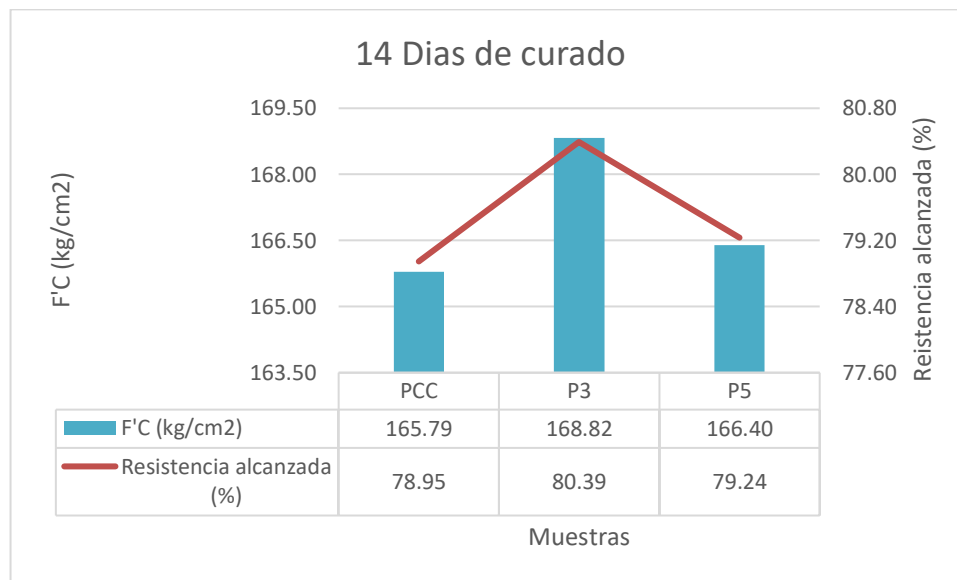


Figura 4 – Promedio de resultados en muestras a los 14 días de curado. Fuente:

Elaboración propia. (2019).

Se puede interpretar en base a los resultados que el concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con 3% de grafito aporta mayor resistencia a la compresión, alcanzando el 80.39 % de la resistencia diseñada a los 14 días de curado.

Se puede interpretar en base a los resultados que el concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con 5% de grafito no tiene un aporte significativo en la resistencia a la compresión, alcanzando el 79.24% de la resistencia diseñada a los 14 días de curado, sin embargo, este valor es superior al concreto convencional.

### 3.4. A 28 días de edad.

- Concreto convencional.

Tabla 35

*Dimensiones de probetas para el concreto convencional.*

Probeta	Diámetro			Altura			
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Promedio (cm)
PC-1	10.167	10.122	10.14	20.064	20.073	20.088	20.08
PC-2	10.221	10.208	10.21	19.752	19.753	19.79	19.77
PC-3	10.16	10.141	10.15	20.507	20.517	20.507	20.51
PC-4	10.185	10.128	10.16	20.352	20.411	20.441	20.40
PC-5	10.136	10.176	10.16	20.173	20.173	20.281	20.21

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

**Tabla 36**

*Resistencia máxima alcanzada CC a 28 días.*

Probeta	Carga Máxima (kg)	F'C (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Alcanzada (%)
PC-1	16980	210.09	100.04
PC-2	17057	215.48	102.61
PC-3	16999	210.07	100.04
PC-4	17030	210.21	100.10
PC-5	17406	214.87	102.32
<b>P – CC (*)</b>	<b>17214.40</b>	<b>212.14</b>	<b>101.02</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

- 3% de adición de grafito del peso del cemento.

Tabla 37



*Dimensiones de probetas para el concreto del 3% de grafito del peso del cemento.*

Probeta	Diámetro			Altura			
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Promedio (cm)
P3-1	10.115	10.114	10.11	20.328	20.32	20.34	20.33
P3-2	10.111	10.144	10.13	20.231	20.386	20.339	20.32
P3-3	10.156	10.14	10.15	20.463	20.418	20.507	20.46
P3-4	10.136	10.17	10.15	20.32	20.321	20.355	20.33
P3-5	10.156	10.167	10.16	20.3	20.331	20.241	20.29

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

Tabla 38

*Carga máxima alcanzada 3% de grafito a 28 días.*

Probeta	Carga Máxima (kg)	F'C (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Alcanzada (%)
P3-1	19200	238.97	113.79
P3-2	19147	237.69	113.19
P3-3	18936	234.13	111.49
P3-4	19673	243.00	115.71
P3-5	18526	228.45	108.79
<b>P – 3% (*)</b>	<b>19096.40</b>	<b>236.45</b>	<b>112.59</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

- 5% de adición de grafito del peso del cemento.

Tabla 39

*Dimensiones de probetas para el concreto del 3% de grafito del peso del cemento.*

Probeta	Diámetro			Altura			
	D1 (cm)	D2 (cm)	Promedio (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	Promedio (cm)
P5-1	10.17	10.19	10.18	20.282	20.416	20.268	20.32
P5-2	10.146	10.149	10.15	20.455	20.41	20.386	20.42
P5-3	10.125	10.12	10.12	20.494	20.456	20.454	20.47
P5-4	10.136	10.131	10.13	20.332	20.354	20.346	20.34
P5-5	10.161	10.16	10.16	20.312	20.324	20.341	20.33

Nota: Se determinaron 2 diámetros diferentes en centímetros y 3 alturas diferentes en centímetros. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se determinó el promedio de las alturas y los diámetros obtenidos, hallando las áreas y los pesos respectivos. Se realizó los ensayos de compresión.

Tabla 40

*Carga máxima alcanzada 5% de grafito a 28 días.*

Probeta	Carga Máxima (kg)	F'C (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Alcanzada (%)
P5-1	17416	213.98	101.90
P5-2	17805	220.16	104.84
P5-3	17567	218.30	103.95
P5-4	17338	214.98	102.37
P5-5	17497	215.80	102.76
<b>P – 3% (*)</b>	<b>17524.60</b>	<b>216.65</b>	<b>103.16</b>

(\*) Se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de 5 probetas; Se determinó la media aritmética de los resultados. Fuente: Elaboración propia. (2019).

Se realizó el resumen de los resultados obtenidos a los 3 días de edad por medio del gráfico de barras.

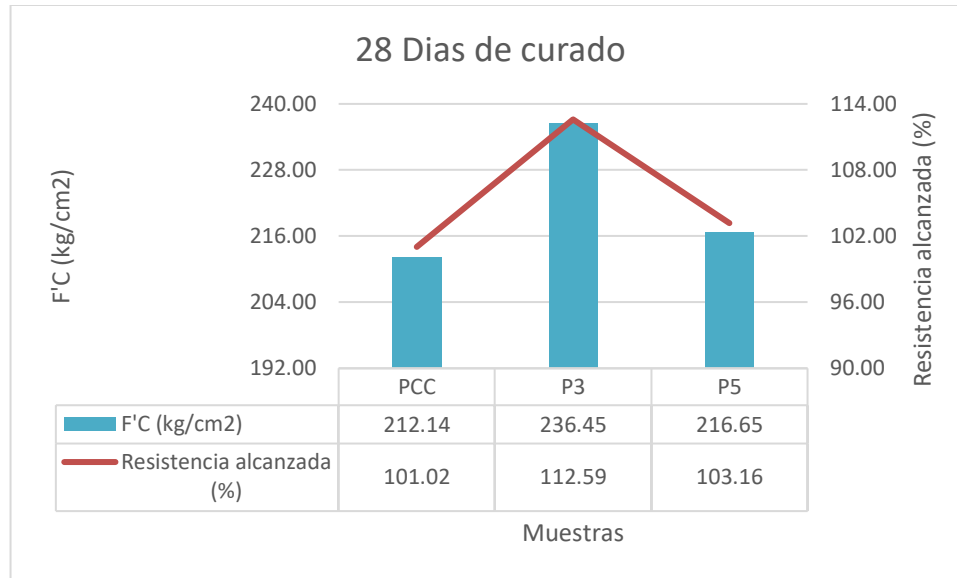


Figura 5 – Promedio de resultados en muestras a los 28 días de curado. Fuente:

Elaboración propia. (2019).

Se puede interpretar en base a los resultados que el concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con 3% de grafito aporta mayor resistencia a la compresión, alcanzado el 112.59 % de la resistencia diseñada a los 28 días de curado.

Se puede interpretar en base a los resultados que el concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con 5% de grafito no tiene un aporte significativo en la resistencia a la compresión, alcanzando el 103.16% de la resistencia diseñada a los 14 días, sin embargo, este valor es superior al concreto convencional.

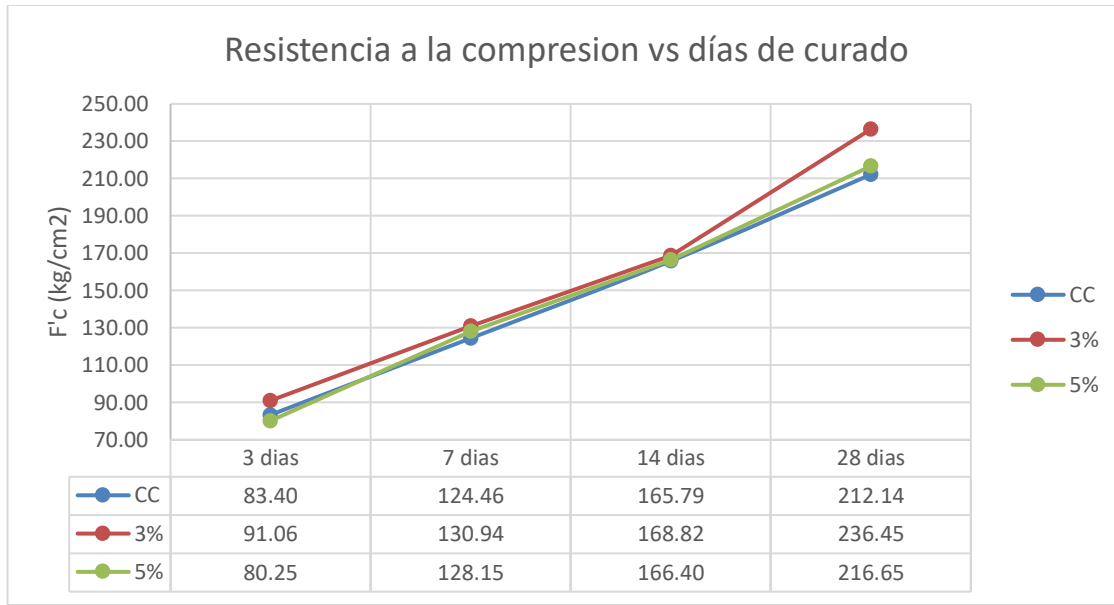


Figura 6– Resumen de los resultados a 28 días. Fuente: Elaboración propia. (2019).

En la figura 6 se puede observar las resistencias alcanzadas por días de curado del concreto 210kg/cm<sup>2</sup> convencional y con adición de 3% y 5% de grafito. Se puede interpretar según la evolución de la resistencia a compresión, que el concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con la adición del 3% de grafito el que mayor resistencia aporta independientemente de la edad de curado.

Se puede inferir que la adición de 3% de grafito respecto al peso del cemento es aceptable, evidenciando valores superiores al concreto 210kg/cm<sup>2</sup> convencional, incrementando la resistencia de manera progresiva cumpliendo con el objetivo principal de la presente investigación. Por lo tanto, se afirma la hipótesis general y específica de la presente investigación, indicando que el 3% de grafito en una mezcla de concreto 210kg/cm<sup>2</sup> mejora un 12.59% en el promedio a la resistencia a la compresión del concreto convencional, independientemente de su edad de curado.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 DISCUSIÓN

La presente investigación se limita al análisis de la resistencia a la compresión del concreto 210kg/cm<sup>2</sup>. Las limitaciones técnicas y económicas se detallan a continuación:

- Limitaciones Técnicas:

El diseño aplicado es el método ACI 211.1 donde se tomaron en cuenta tablas y consideraciones para el diseño de mezcla.

La dosificación del grafito se hizo de manera no probabilística ya que el porcentaje de adición es a criterio propio rigiéndose en los porcentajes mínimos expuesto en la investigación: *“Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto”*

La revisión sistemática y búsqueda de información se realizó por medio de las diversas revistas virtuales, tesis y antecedentes, Sin embargo, al ser una investigación inédita, no se conto con una extensa bibliografía con temas a fines.

- Limitaciones de elaboración:

La elaboración y ensayo de las probetas se realizó en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte, con previa solicitud de reserva por correo electrónico. Se tuvo accesos a los equipos y herramientas que brinda la Universidad Privada del Norte cooperando con el desarrollo y proceso de la investigación.

- Limitaciones económicas:

La adquisición de los materiales se realizó en diferentes establecimientos. Los agregados gruesos y finos fueron adquiridos de la cantera Media Luna en Huachipa, se optó por esta cantera por la confiabilidad de los agregados al ser tratados en la cantera y

seleccionados para la venta al público comprando 5 sacos de agregado grueso y 5 sacos de agregado fino. La mayor dificultad fue conseguir los agregados en ventas por menor ya que al ser canteras reconocidas, la comercializan en metros cúbicos, sin embargo, se obtuvo la cantidad mencionada.

El agregado aglomerante: cemento SOL tipo I.

El grafito en el Perú es comercializado por diversas fábricas mineras para usos indeterminados; este mineral es comercializado en cantidades mayores, es por eso que se optó por adquirirlo de una empresa minorista brindando un servicio de exportación del grafito en polvo de procedencia américa de la marca ASBURY Carbons sustentado la veracidad del mineral con la ficha técnica. Cabe mencionar que existen expresas comercializadoras de grafito en el Perú.

El grafito es un mineral no es explorado al 100%, sin embargo, actualmente existe investigaciones que presentan hallazgos similares a la presente investigación detalladas a continuación:

- Estudio experimental sobre la incidencia del grafito en un hormigón compactado con rodillo elaborado en el distrito metropolitano de Quito de la República del Ecuador.

La investigación en mención usa los residuos del grafito sintético (Originarios de los lápices) elaborando el concreto con un proceso de electroerosión al grafito con el único fin de adherir el mineral al concreto con el fin de determinar la factibilidad de incluir al grafito como un nuevo material de adición del concreto mejorando las propiedades. Si bien es cierto las propiedades del grafito en el concreto son positivas mejorando sus características; sin embargo, hay una diferencia en la metodología de adición del mineral al concreto. El estudio realizado y aplicado en Ecuador plantea pasar el grafito por un proceso de

electroerosión con el fin de pulverizar el material y este tenga una mayor adherencia en combinación al concreto. Es de suma importancia la pulverización del grafito ya que es factible y no genera grumos en contacto con el agua. La presente investigación uso un grafito ya pulverizado. Si se desea implementar el grafito en el concreto en cantidades mayores es importante considerar dentro de los gastos el estado del mineral ya que este es presentado en Solido, granular y en polvo, siendo en su estado polvo el más óptimo.

- Efecto de los nanotubos de carbono sobre las propiedades de los morteros de cemento. La investigación en mención es el primer capítulo de un compendio de investigaciones ya demostradas de grafito en el concreto. Esta serie de investigaciones muestra descripciones generales, reacciones y propiedades de la resistencia a compresión, resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad, la resistencia a flexión y la contracción autógena. Esta investigación realizó experimentos con nanotubos de carbono, es decir con la formación de varias capas de grafito. Por definición química, el grafito tiene la particularidad de trabajar de manera hexagonal creando campos de resistencia al estar entrelazadas entre sí. La presente investigación dentro los ensayos considera al grafito en su estado bidimensional (Pulverizado) llegando ambos a obtener resultados positivos, haciendo del grafito un material resistente independientemente sea su presentación.

- Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono. La investigación en mención consiste en la incorporación de nanotubos de carbono en la mezcla del concreto de manera directa, aplicando el 0.3% y el 0.5%, estando los resultados en un rango de 10.2% - 11.7%. Considerando los resultados de la presente investigación, siendo un porcentaje mayor de adición, el incremento mostrado está en el rango 3.16% - 12.59% de la resistencia a la compresión del concreto 210kg/cm<sup>2</sup>.

Afirmando que el grafito si aumenta la resistencia con un porcentaje mayor, quedando así con la posibilidad de abrir campos de investigación para conseguir el porcentaje óptimo para la adición de este mineral. Es importante tener en cuenta la forma de aplicación en su estado granular o pulverizado, siendo ambas aceptables para el incremento, siempre y cuando se considere una correcta manipulación a fin de obtener una adherencia firme y se tenga resultados favorables.

Según las implicancias abarcadas en la presente investigación se puede determinar que:

- El grafito es un mineral con características benéficas, teniendo una aceptación en diferentes rubros, siendo uno de ellos el incremento a la resistencia a la compresión; abriendo la posibilidad de una masiva explotación en cantidades significativas en las mineras generando empleo en fábricas de producción de futuros aditivos a base de grafito.
- El grafito es un mineral inerte e insoluble, no presentando ningún peligro ambiental, no generando residuos contaminantes. Según su descomposición, el grafito puede generar dióxido de carbono o monóxido de carbono siempre y cuando esté sometido a temperaturas mayores a 450°C, no siendo esta una temperatura alcanzada por el concreto en condiciones ambientales. El grafito es un mineral estable, no polarizando ni reaccionando por si mismo de manera espontánea, ampliando sus campos de aplicación.
- El grafito es un mineral aun no explorado al 100%, siendo un mineral con buenas características físicas y químicas, fomenta a los inquisidores a la profunda investigación académica, descubriendo diferentes métodos y aplicaciones del grafito en el concreto en base a revisiones sistemáticas nacionales y extranjeras. La presente investigación fomenta la ejecución de experimentos científicos a fin de probar y afirmar las diversas hipótesis



planteadas, creando de esta manera nuevos métodos y procedimientos con porcentajes óptimos, dado cabida a una futura elaboración industrial de aditivos a base del grafito.

## 4.2 CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia en la resistencia del concreto 210kg/cm<sup>2</sup> con adición del 3% y 5% de grafito en relación al peso del cemento.

Según los resultados se concluye que el grafito es un mineral con buenas propiedades físicas y químicas aportando una mayor resistencia a la compresión del concreto 201kg/cm<sup>2</sup>.

Según los porcentajes usados se puede concluir que:

- Se cumple la hipótesis general dado que la adición del 3% de grafito logra la máxima resistencia en la mezcla del concreto en todas las edades del curado del concreto convencional 210kg/cm<sup>2</sup> y su resistencia va disminuyendo conforme se va incrementando el porcentaje de adición de grafito.
- Se cumple la primera hipótesis específica dado que con la adición de 3% de grafito, el incremento de la resistencia a la compresión de un concreto es mayor a la de un concreto convencional 210kg/cm<sup>2</sup>.
- Se cumple la segunda hipótesis específica dado que el aporte del 5% del grafito de la resistencia a la compresión no es muy significativa, sin embargo, es mayor a la de un concreto convencional 210kg/cm<sup>2</sup>.
- Se concluye que el porcentaje óptimo para el uso del grafito según la presente investigación en el concreto 210kg/cm<sup>2</sup> para el incremento de la resistencia a la compresión, es el 3% de adición de grafito en relación al peso del cemento; mostrando incidencias positivas y no generando un efecto contrario a lo

planteado en la hipótesis general. Siendo 12.59% mayor al concreto 210kg/cm<sup>2</sup> convencional.

- Se comprueba que el grafito es un mineral apto para incrementar la resistencia en el concreto 210kg/cm<sup>2</sup>, dejando abierta la posibilidad de poder realizar mayores estudios con otros porcentajes en futuras investigaciones.

### 4.3 RECOMENDACIONES

- Se recomienda estudiar la adición del 4% de grafito en el diseño de mezcla, realizando estudios previos para descartar si el concreto convencional 210 kg/cm<sup>2</sup> puede aumentar la resistencia a la compresión.
- Se recomienda ampliar mayor investigación en los porcentajes de la adición de grafito usando diferentes criterios en base a parámetros establecidos en normas técnicas afines o en antecedentes usando fuentes de investigación confiables, a fin de tener veracidad y confiabilidad en los procedimientos a ejecutar y resultados.
- Se recomienda hacer un minucioso estudio sobre los diferentes métodos de adición del grafito al concreto para mejorar los procesos y alcanzar una adherencia óptima.
- Se recomienda usar equipos de protección personal completo, a fin de evitar manchas, o exhalaciones en la manipulación del grafito, debido a su pequeño tamaño que puede quedar suspendido en el aire al ser vertido.
- Se recomienda realizar una buena mezcla de los materiales, a fin de obtener una mejor adherencia del mineral al concreto.
- Se recomienda hacer pruebas petrográficas del grafito para verificar la calidad, uso y efecto más minucioso en conjunto con el concreto.

## REFERENCIAS

- Barcelo, L., Kline, J., Walenta, G. et al. *Emisiones de cemento y carbono*. Mater Struct 47, 1055-1065 (2014). <https://doi.org/10.1617/s11527-013-0114-5>
- Cabrera, J.; Pesantez, G.; Cedeño, J.; Santos, E.; Aguirre, A. (2016). Dosificación de mortero con cascara de arroz y comprobación de adherencia en paredes de bloques de concreto. *Revista Científica Yachana Ensayos. Volumen 2 (1)*. Recuperado de <http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/197>
- Moro, J. (2014). *Incorporación de aditivos en hormigones reciclados para modificar sus propiedades*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Sur, Argentina. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5762679>.
- Navarro, E.; Forero H. (2017). *Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono* (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6265/1/NavarroJimenezEllerlyAlejandro2017.pdf>
- Ojeda, M. (2011). Tecnología de plásticos (Mensaje en un blog). Recuperado de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/11/fibra-de-carbono.html>.
- Sarango, S.; Paúl, A. (2016). *Estudio experimental sobre la incidencia del grafito en un hormigón compactado con rodillo elaborado en el distrito metropolitano de Quito de la República del Ecuador*. (Proyecto Final de Máster Oficial). Universitat Politècnica de Catalunya Barcelonatech. España. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/104701>.

- Siddique, R.; Mehta, A. (2013, enero, 15). Efecto de los nanotubos de carbono sobre las propiedades de los morteros de cemento, *Construcción y materiales de construcción* Volumen 50, 15 de enero de 2014, páginas 116-129.) Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061813008593>.
- Sierra, U. (2015,) *Optimización de la preparación de materiales grafénicos a través de las condiciones de procesado y el precursor*. (Tesis de pregrado) Universidad de Oviedo, España. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=76271>.
- SHRIVER & ATKINS, P&T. (2006) *Inorganic chemistry*. Reino Unido: McGraw-Hill Interamericana. Traducida por Delegación Álvaro Obregón; C.P. 01376, México D.F.
- Tang S.; Andrade C. (2015, diciembre) *Estudios recientes de durabilidad en estructuras de concreto*. Investigación de cemento y hormigón Volumen 78, Parte A, diciembre de 2015, páginas 143-154. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884615001581>.
- Ccopa H. (2017) *Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto* (Tesis de título profesional). Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4534>.
- Norma Técnica Peruana. (2008). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. (339.034).
- Norma Técnica Peruana. (2017). *Práctica para muestreo de mezclas de concreto fresco*. (339.036).
- American Concrete Institute (2008). Requisitos de reglamento para concreto estructural. (ACI 318S-08).
- American Concrete Institute (2016). Dosificación de mezclas de hormigón. (ACI 211.1).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales. Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos. (C136-05).

American Association of State Highway and Transportation Officials. Método estándar de prueba para el análisis por tamizado de agregados finos y gruesos. (T 27).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales. Método de prueba estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelos y rocas por masa. (D 2216).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de agregados. (C 128-04a).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad del suelo. (D 2216).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales. Método de ensayo estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados. (C29/C29M-07).

**ANEXOS**

**Anexo 1. Usos del grafito y la producción mundial.**

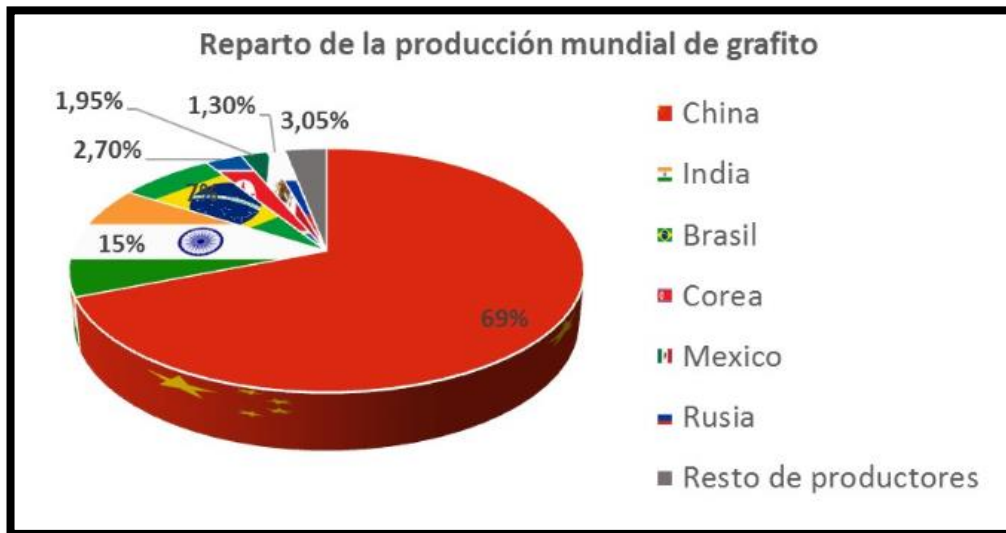


Figura 7. Reparto de producción mundial de grafito. Fuente: Informe IUGS.

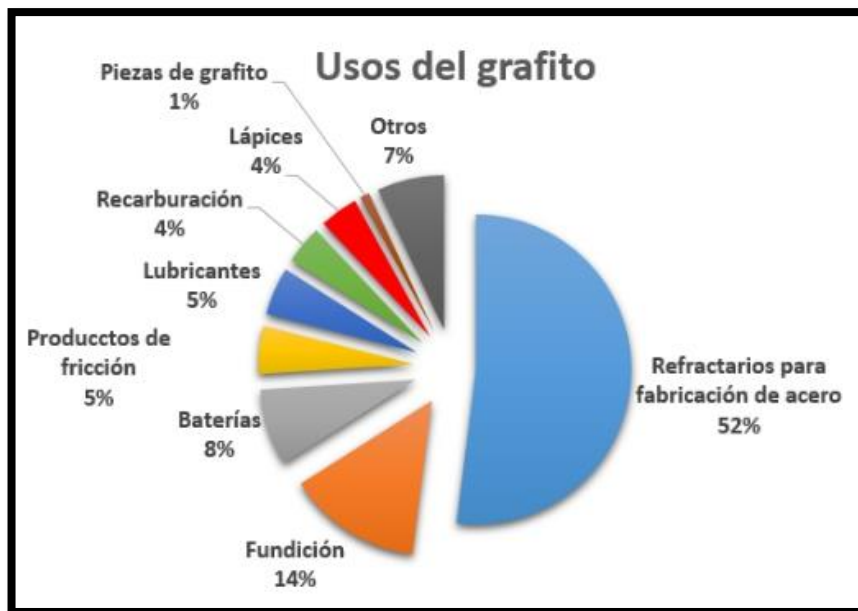


Figura 8 – Usos del grafito en la industria (Carbono). Fuente USGS, 2017.

**Anexo 2. Análisis Granulométrico del agregado fino.**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
**TESIS**

ALUMNO : JOSUÉ JHONATAN MIRANDA PUMACAYO

TITULO DE TESIS : ADICIÓN DEL GRAFITO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

CANTERA : CANTERA MEDIA LUNA - CHAVIN, DISTRITO DE LIMA 15461.

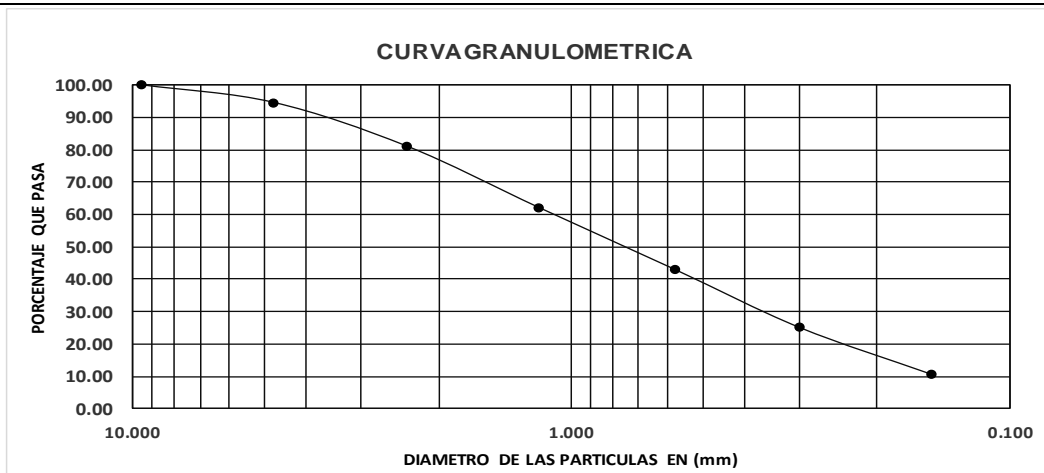
LABORATORIO : CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE (sede Lima Centro).

FECHA DE ANALISIS : 29 de Mayo de 2019

MUESTRA : AGREGADO FINO

**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO-NTP 400.012**

MALLA	ABERTURA DE MALLA EN (mm)	PESO RETENIDO EN (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3/8	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	16.07	5.41	5.41	94.59
Nº 8	2.360	39.94	13.46	18.87	81.13
Nº 16	1.180	56.16	18.92	37.79	62.21
Nº 30	0.580	56.38	19.00	56.79	43.21
Nº 50	0.300	53.47	18.02	74.80	25.20
Nº 100	0.150	42.90	14.45	89.26	10.74
FONDO		31.88	10.74	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		296.80			



MODULO DE FINURA : 2.83

Observación : Los agregados fueron proporcionados e identificados por el alumno.

**Anexo 3. Análisis Granulométrico del agregado grueso.**



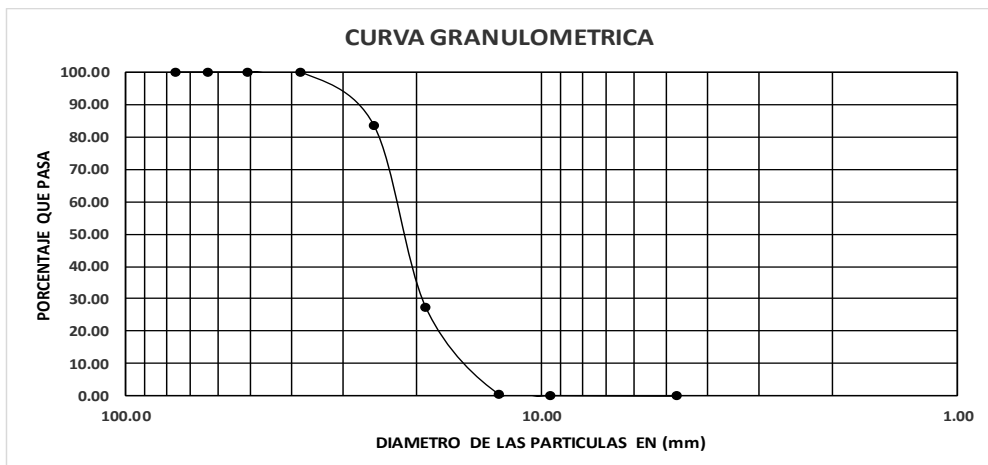
**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
**TESIS**

ALUMNO : JOSUÉ JHONATAN MIRANDA PUMACAYO  
TITULO DE TESIS : ADICIÓN DEL GRAFITO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
CANTERA : CANTERA MEDIA LUNA - CHAVIN, DISTRITO DE LIMA 15461.  
LABORATORIO : CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE (sede Lima Centro).  
FECHA DE ANALISIS : 29 de Mayo de 2019

MUESTRA : AGREGADO GRUESO

**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO - NTP 400.012**

MALLA	ABERTURA DE MALLA EN (mm)	PESO RETENIDO EN (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	1630.11	16.43	16.43	83.57
¾"	19.05	5575.31	56.19	72.61	27.39
½"	12.70	2662.47	26.83	99.44	0.56
⅜"	9.53	36.10	0.36	99.81	0.19
N° 4	4.75	19.04	0.19	100.00	0.00
FONDO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		9923.03			



TAMAÑO MAXIMO:	1 "
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:	1 "

**Observación :** Los agregados fueron proporcionados e identificados por el alumno.



## Anexo 4. Ensayos del peso específico y el porcentaje de absorción.



**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
**TESIS**

ALUMNO : JOSUÉ JHONATAN MIRANDA PUMACAYO

TITULO DE TESIS : ADICIÓN DEL GRAFITO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

CANTERA : CANTERA MEDIA LUNA - CHAVIN, DISTRITO DE LIMA 15461.

LABORATORIO : CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE (sede Lima Centro).

FECHA DE ANALISIS : 29 de Mayo de 2019

MUESTRA : AGREGADO FINO / AGREGADO GRUESO

**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION  
NTP 400.021 / 400.022**

**AGREGADO FINO**

$$Pe\ SSS = \frac{W1}{W1+W2-W3}$$

$$Pe = \frac{W}{W1+W2-W3}$$

$$\% A = \frac{W1 - W}{W} \times 100$$

**AGREGADO GRUESO**

$$Pe\ SSS = \frac{Ws}{Ws-Wa}$$

$$Pe = \frac{Wseco}{Ws-Wa}$$

$$\% A = \frac{Ws - Wseco}{Wseco} \times 100$$

Donde:

W	: Peso seco del agregado fino	497.9	gr.
W1	: Muestra saturada con superficie seca del agregado fino	500.0	gr.
W2	: Picnometro + agua	670.4	gr.
W3	: Picnometro + agua + muestra	986.9	gr.
Wseco	: Peso seco del agregado grueso	2000.7	gr.
Ws	: Muestra saturada con superficie seca del agregado grueso	2014.4	gr.
Wa	: Peso de la muestra en el agua	1260.1	gr.

**PARA EL AGREGADO FINO**

Pe SSS =	2.72
Pe =	2.71
% A =	0.43

**PARA EL AGREGADO GRUESO**

Pe SSS =	2.67
Pe =	2.65
% A =	0.69

**Observación :** Los agregados fueron proporcionados e identificados por el alumno.

**Anexo 5. Ensayos del contenido de humedad de los agregados.**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
**TESIS**

---

ALUMNO : JOSUÉ JHONATAN MIRANDA PUMACAYO  
TITULO DE TESIS : ADICIÓN DEL GRAFITO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
CANTERA : CANTERA MEDIA LUNA - CHAVIN, DISTRITO DE LIMA 15461.  
LABORATORIO : CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE (sede Lima Centro).  
FECHA DE ANALISIS : 29 de Mayo de 2019

---

MUESTRA : AGREGADO FINO / AGREGADO GRUESO

---

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD-NTP 339.185**

**PARA EL AGREGADO FINO**

$$\% H = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

donde:

**% H** : humedad natural  
**Ph** : peso humedo 500.0 gr.  
**Ps** : peso seco 491.2 gr.

<b>% H = 1.78</b>
-------------------

**PARA EL AGREGADO GRUESO**

$$\% H = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

donde:

**% H** : humedad natural  
**Ph** : peso humedo 4000.0 gr  
**Ps** : peso seco 3980.0 gr

<b>% H = 0.50</b>
-------------------

---

**Observación :** Los agregados fueron proporcionados e identificados por el alumno.

---

**Anexo 6. Ensayos de peso unitario suelto del agregado fino.**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
**TESIS**

---

ALUMNO : JOSUÉ JHONATAN MIRANDA PUMACAYO

TITULO DE TESIS : ADICIÓN DEL GRAFITO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

CANTERA : CANTERA MEDIA LUNA - CHAVIN, DISTRITO DE LIMA 15461.

LABORATORIO : CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE (sede Lima Centro).

FECHA DE ANALISIS : 29 de Mayo de 2019

---

MUESTRA : AGREGADO FINO

**PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO -NTP 400.017**

Peso del molde (kg)	1.58
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.002847

Muestra	1	2	3
Peso	6.46	6.44	6.48
Peso Unitario Suelto	174.1290891	172.0055636	176.2526146

PUS (grava)	174.1290891
-------------	-------------

---

**PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO -NTP 400.017**

Peso del molde (kg)	1.58
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.002847

Muestra	1	2	3
Peso	6.78	6.8	6.82
Peso Unitario Suelto	208.1054967	210.2290222	212.3525477

PUS (grava)	210.2290222
-------------	-------------

---

**Observación :** Los agregados fueron proporcionados e identificados por el alumno.

**Anexo 7. Ensayos de peso unitario suelto del agregado grueso.**



**UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**  
**LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
**TESIS**

ALUMNO : JOSUÉ JHONATAN MIRANDA PUMACAYO

TITULO DE TESIS : ADICIÓN DEL GRAFITO PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL  
CONCRETO

CANTERA : CANTERA MEDIA LUNA - CHAVIN, DISTRITO DE LIMA 15461.

LABORATORIO : CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE (sede Lima Centro).

FECHA DE ANALISIS : 29 de Mayo de 2019

MUESTRA : AGREGADO GRUESO

**PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO -NTP 400.017**

Peso del molde (kg)	4.82
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.0094183

Muestra	1	2	3
Peso	18.5	18.54	18.48
Peso Unitario Suelto	1452.491426	1456.738477	1450.367901

PUS (grava)	1453.199268
-------------	-------------

**PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO -NTP 400.017**

Peso del molde (kg)	4.82
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.0094183

Muestra	1	2	3
Peso	19.54	19.56	19.54
Peso Unitario Suelto	1562.914751	1565.038277	1562.914751

PUS (grava)	1563.622593
-------------	-------------

**Observación :** Los agregados fueron proporcionados e identificados por el alumno.

## Anexo 8. Diseño de mezcla - Materiales

### MATERIALES

**Cemento** **Resistencia**  kg/cm<sup>2</sup>

\*Portland ASTM tipo I "Sol"

\*Peso específico  g/cm<sup>3</sup> 0.023478

**Agua**

\*Potable

\*Peso específico  g/cm<sup>3</sup>

<p><b>Agregado Fino</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>*Tamaño Máximo</td><td>N° 4</td></tr> <tr><td>*Tamaño Máximo nominal</td><td>N° 4</td></tr> <tr><td>*Modulo de finura</td><td>2.83</td></tr> <tr><td>*Peso Especifico</td><td>2.71 gr/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>*Contenido de Humedad</td><td>1.78 %</td></tr> <tr><td>*Porcentaje de absorción</td><td>0.43 %</td></tr> <tr><td>*Peso unitario suelto</td><td>1714.09 kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>*Peso unitario compactado</td><td>1833.51 kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table>	*Tamaño Máximo	N° 4	*Tamaño Máximo nominal	N° 4	*Modulo de finura	2.83	*Peso Especifico	2.71 gr/cm <sup>3</sup>	*Contenido de Humedad	1.78 %	*Porcentaje de absorción	0.43 %	*Peso unitario suelto	1714.09 kg/m <sup>3</sup>	*Peso unitario compactado	1833.51 kg/m <sup>3</sup>	<p><b>Agregado Grueso</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>*Tamaño Máximo</td><td>1" pulg</td></tr> <tr><td>*Tamaño Máximo nominal</td><td>1" pulg</td></tr> <tr><td>*Modulo de finura</td><td>3.88</td></tr> <tr><td>*Peso Especifico</td><td>2.65 gr/cm<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>*Contenido de Humedad</td><td>0.50 %</td></tr> <tr><td>*Porcentaje de absorción</td><td>0.69 %</td></tr> <tr><td>*Peso unitario suelto</td><td>1453.20 kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>*Peso unitario compactado</td><td>1563.62 kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table>	*Tamaño Máximo	1" pulg	*Tamaño Máximo nominal	1" pulg	*Modulo de finura	3.88	*Peso Especifico	2.65 gr/cm <sup>3</sup>	*Contenido de Humedad	0.50 %	*Porcentaje de absorción	0.69 %	*Peso unitario suelto	1453.20 kg/m <sup>3</sup>	*Peso unitario compactado	1563.62 kg/m <sup>3</sup>
*Tamaño Máximo	N° 4																																
*Tamaño Máximo nominal	N° 4																																
*Modulo de finura	2.83																																
*Peso Especifico	2.71 gr/cm <sup>3</sup>																																
*Contenido de Humedad	1.78 %																																
*Porcentaje de absorción	0.43 %																																
*Peso unitario suelto	1714.09 kg/m <sup>3</sup>																																
*Peso unitario compactado	1833.51 kg/m <sup>3</sup>																																
*Tamaño Máximo	1" pulg																																
*Tamaño Máximo nominal	1" pulg																																
*Modulo de finura	3.88																																
*Peso Especifico	2.65 gr/cm <sup>3</sup>																																
*Contenido de Humedad	0.50 %																																
*Porcentaje de absorción	0.69 %																																
*Peso unitario suelto	1453.20 kg/m <sup>3</sup>																																
*Peso unitario compactado	1563.62 kg/m <sup>3</sup>																																

**Aditivo (Grafito)**

Marca	Arbury
Tipo	Grafito 95%
Clase	Microfyne
Gravedad específica	2.26
Dosificaciones	3%, 5%

**Trabajabilidad**

Consistencia, asentamiento o SLUMP: Propiedad del concreto fresco, determinado de acuerdo al menor o mayor contenido de agua

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	MÁXIMO(*)	MÍNIMO
ZAPATAS Y MUROS DE CIMENTACIÓN REFORZADAS	3"	1"
ZAPATAS SIMPLES, CAJONES Y MUROS DE SUBESTRUCTURA	3"	1"
VIGAS Y MUROS REFORZADOS	4"	1"
COLUMNAS EN EDIFICIOS	4"	1"
PAVIMENTOS Y LOSAS	3"	1"
CONCRETO CICLOPEO	2"	1"

SLUMP  Pulg

Anexo 9. Diseño de mezcla.

## DISEÑO DE MEZCLA - PARTE 1

### 1. Datos de entrada:

Propiedades físicas	Und.	Arena	Piedra
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1714	1453
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1834	1564
Peso específico de masa	gr/cm <sup>3</sup>	2.71	2.65
Contenido de humedad	%	1.78	0.5
Porcentaje de absorción	%	0.43	0.69
Modulo de finura	-	2.83	3.88
Tamaño Máximo nominal	Pulg.	N° 4	1"
Peso específico del cemento	gr/cm <sup>3</sup>	3.15	
Peso específico del agua	gr/cm <sup>3</sup>	1	

### 2. Calculo del Agua

SLUMP <3;4>  
Dn Max 1"

TABLA N° 1: REQUISITOS DE AGUA DE MEZCLADO EN FUNCION DEL D n max. Y EL ASENTAMIENTO EN PULGADAS									
SLUMP	D n max.								CON O SIN AIRE
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
1" - 2"	205	200	185	180	160	155	145	125	SIN
3" - 4"	225	215	200	195	175	170	160	140	AIRE
6" - 7"	240	230	210	205	185	185	170	---	INCORPORADO
1" - 2"	180	175	165	160	145	140	135	120	CON
3" - 4"	200	190	180	175	160	155	150	135	AIRE
6" - 7"	215	205	190	185	170	165	160	---	INCORPORADO

Agua 195

### 3. Calculo del volumen de aire atrapado

Dn Max 1"

TABLA N° 4:	
D n max.	AIRE (%) ATRAPADO
3/8"	3.00
1/2"	2.50
3/4"	2.00
1"	1.50
1 1/2"	1.00
2"	0.50
3"	0.30
6"	0.20

Aire Atrapado 1.5

## DISEÑO DE MEZCLA - PARTE 2

### 4. Cálculo de la resistencia requerida

$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	210
$F'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )	295

### 5. Cálculo de cemento

Interpolación para  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>

$F'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$a/c$
300	0.55
295	0.557
250	0.62

$f'cr$	AIRE INCORPORADO	
	SIN	CON
450	0.38	-----
400	0.43	-----
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.60
150	0.80	0.71

Cemento

### 6. Cálculo del peso de la piedra, en función del factor (b/b)

$D_n$  Max

Extrapolación para 1 Pulgada

$M_f$                        $b/b$

3	0.65
3.2	0.63
2.82931267	0.56

Piedra

$D_n$ max.	MÓDULO DE FINURA DE LA ARENA				
	2.40	2.6	2.80	3.00	3.20
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67
2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70
3"	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74
6"	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

## DISEÑO DE MEZCLA - PARTE 3

### 7. Cálculo del volumen de la arena

Material	ws(kg)	Pe (kg/cm <sup>3</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )
Cemento	350.1	3150	0.111
Agua	195	1000	0.195
Arena	946	2712.488	0.349
Piedra	875.6	2652.481	0.330
Aire	1.5		0.0150
Suma total			1.00

Valor sin arena	0.65
Volumen de arena	0.35

Arena  kg/cm<sup>3</sup>

### 8. Diseño Seco

Materiales	W.S.	P.e.	Vol.Abs.	W.U.S.
Cemento	350.1	3150	0.111	1
Agua	195	1000	0.195	0.56
Arena	946	2712.488	0.349	2.7
Piedra	875.6	2652.481	0.330	2.5
Aire	1.5	0	0.015	
Aditivo				

### 9. Analisis para obra

Materiales	WO	WOU	Volumen	
			WOU*42.5 (kg)	VOL (Pies <sup>3</sup> )
Cemento	350.1	1.00	42.5	1
Agua	195	0.56	23.8	23.8
Arena	946	2.70	114.75	2.36
Piedra	875.6	2.50	106.25	2.58
Aire				
Aditivo				
		<input type="text" value="6.76"/>		



## DISEÑO DE MEZCLA - PARTE 4

### 10. Determinando el peso de las probetas pequeñas.

Probetas	Dimensiones		
Diametro	4	0.1016	m
Altura	8	0.2032	m
Volumen	0.001647411		m <sup>3</sup>
Pe Concreto	2300		kg/m <sup>3</sup>
Peso de probeta	4		kg
5 Probetas	20		kg
Volumen del concreto		0.008695652	

F

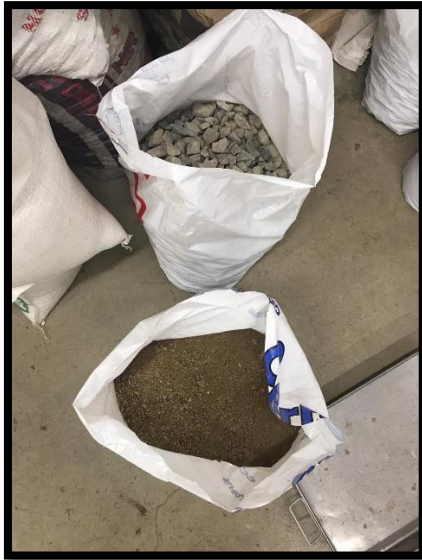
### 11. Datos de Laboratorio

Materiales	WUO°F	
Cemento	2.96	Kg
Agua	1.66	Lt
Arena	7.99	Kg
Piedra	7.40	Kg
Aire		
Aditivo		
Total	20.00	Kg

### 12. Adición de grafito

Diseño de mezcla	Porporción (kg <sup>2</sup> )	Porporción (kg/cm <sup>3</sup> )
Diseño convencional	0	0
Diseño 3% del Cement	0.0888	10.21
Diseño 5% del Cement	0.1479	17.01

**Anexo 10. Ensayos de las características de los agregados.**



*Figura 9 – Agregado fino y grueso (2019).*



*Figura 10 – Contenido de humedad de los  
agregados finos y gruesos (2019).*

Elaboración propia.



*Figura 11 – Modulo de finura de los agregados  
finos y gruesos (2019). Elaboración propia.*



*Figura 12 – Porcentaje de absorción de los  
agregados finos y gruesos (2019). Elaboración  
propia.*



*Figura 13 – Uso del picnómetro para el módulo de finura del agregado fino (2019). Elaboración propia.*



*Figura 14 – Uso de la canastilla para el módulo de finura del agregado grueso (2019). Elaboración propia.*

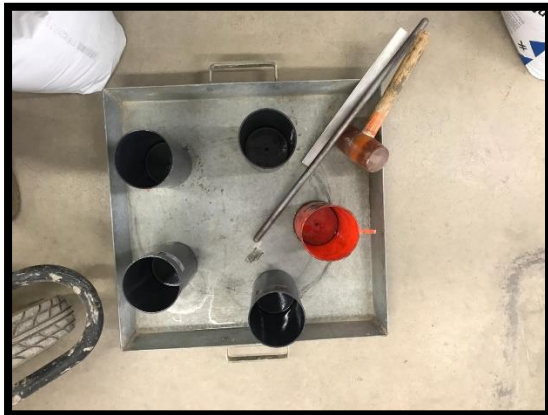
**Anexo 11. Ensayo de elaboración de probetas.**



*Figura 15 – Dosificación de los agregados y agua.*  
(2019). Elaboración propia.



*Figura 16 – Dosificación del grafito.* (2019).  
Elaboración propia.



*Figura 17 – Preparación de los moldes cilíndricos.*  
(2019). Elaboración propia.



*Figura 18 – Llenado de los moldes cilíndricos.*  
(2019). Elaboración propia.





*Figura 19 – Desenfofrado de las probetas cilíndricas. (2019). Elaboración propia.*



*Figura 20 – Curado de las probetas cilíndricas. (2019). Elaboración propia.*

**Anexo 12. Ensayo de rotura de probeta.**



*Figura 21 – Secado de las probetas por 24 horas en ambiente natural. (2019). Elaboración propia.*



*Figura 22 – Probetas con 5% de grafito del peso del cemento. (2019). Elaboración propia.*



*Figura 23 – Medición del diámetro de las probetas. (2019). Elaboración propia.*



*Figura 24 – Medición de la altura de la probeta. (2019). Elaboración propia.*



*Figura 25 – Rotura de probeta del concreto convencional en la maquina de compresion. (2019). Elaboración propia.*



*Figura 26 – Rotura de probeta del 5% de grafito del peso del cemento en la maquina de compresion. (2019). Elaboración propia.*

## Anexo 13. Ficha técnica Grafito.



<b>Asbury Graphite Mills, Inc.</b>	Apdo. de correos 144, 405 Old Main St., Asbury, NJ 08802	908-537-2155
<b>Cummings – Moore Graphite Co.</b>	1646 N. Green Ave. Detroit, MI 48209	313-841-1615
<b>Anthracite Industries</b>	Apdo. de correos 112, Sunbury, PA 17801	570-286-2176
<b>Southwestern Graphite</b>	Apdo. de correos 676, 2564 Hwy 12, DeQuincy, LA 70633	337-798-5905
<b>Asbury Graphite of California</b>	2855 Franklin Canyon Rd., Rodeo, CA 94572	510-799-3636
<b>Asbury – Wilkinson</b>	1115 Sutton Drive Burlington, ON, L7L 5Z8, Canadá	905-332-0862
<b>Asbury Graphite &amp; Carbons NL B.V.</b>	Fregatweg 46 B-C, Maastricht 6222 NZ, Países Bajos	+31437600610
<b>Grafitos Mexicanos de Asbury, S.A. de C.V.</b>	Bvd José María Morelos No.389 Nte, Hermosillo 83148, México	526622678598

### Hoja de datos de seguridad

#### Sección 1: Identificación de la sustancia/preparación y la compañía

##### 1.1: Identificador del producto

Nombre comercial:	Grafito natural 95 % + carbono	Grado:
Número de registro REACH:	Exento	Número CE: <b>231-955-3</b>
Nombre de la sustancia:	Grafito, CAS 7782-42-5	Grade: <b>MICROFYNE</b>

##### 1.2: Usos identificados de la sustancia o las mezclas

1.2.1 Usos: Fuente inorgánica de carbono, relleno, aditivo térmico, recarburador, polvos de fundición, fluidos de perforación, aditivo plástico, aditivo de caucho, tinta/pigmento, lubricante, aditivo químicamente resistente, amortiguador de CEM, aditivo de relleno inerte general.

1.2.2 Usos no recomendados: Para uso industrial solamente, no para aplicaciones en alimentos, medicamentos o cosméticos.

##### 1.3: Información del proveedor

Compañía/Fabricante:	Asbury Carbons, Inc. Apdo. de correos 144, 405 Old Main Street Asbury, NJ 08802	Teléfono: 908-537-2155 Telefax: 908-723-2908 Asesor: AVT Correo electrónico: <a href="mailto:albert@asbury.com">albert@asbury.com</a> Fecha de preparación: 26/04/2018
----------------------	---	--

##### 1.4: Número de teléfono de emergencia 1-800-255-3024

#### Sección 2: Identificación de peligros

##### 2.1: Clasificación de la sustancia

El grafito natural no es una sustancia peligrosa.

##### 2.2: Elementos de etiquetado:

El grafito natural no es una sustancia que presente riesgos, no se requieren elementos de etiquetado.

##### 2.3: Otros peligros

Ninguno conocido.



For over 120 years, providing value with quality, consistency and reliability in all we do!



SDS CE de Asbury Carbons: Grafito natural 95 % de carbono, abril de 2018, página 2

**Sección 3: Composición/información sobre los ingredientes**

Composición química: Variedad de carbono Grafito 95 + % (el resto es ceniza inerte)  
CAS N° 7782-42-5  
CE N° 231-955-3  
Peso molecular: 12,0

**Sección 4: Medidas de primeros auxilios**

4.1.1 Inhalación	Saque al paciente a un entorno libre de partículas. Use mascarilla antipolvo aprobada para evitar respirar el polvo. Obtenga atención médica si la irritación persiste.
4.1.2 Contacto con la piel	Lave con agua tibia y jabón suave. El grafito no mancha la piel y no es un químico que irrite la piel.
4.1.3 Contacto con los ojos	Enjuague con agua tibia hasta que los ojos estén libres de partículas. Obtenga atención médica si la irritación persiste.
4.1.4 Ingestión	Obtenga atención médica de inmediato. No induzca el vómito a menos que lo indique el personal médico. No se tiene información de que el grafito natural sea tóxico por ingestión. Sin embargo, la ingestión puede bloquear el sistema digestivo.
4.2 Síntomas y efectos más importantes, agudos y retardados: no se dispone de información.	
4.3 Indicación de cualquier atención médica inmediata y tratamiento especial necesario: si el paciente muestra dificultad para respirar, asfíxia, u ojos o boca respletos de polvo, puede requerirse atención médica inmediata.	

**Sección 5: Medidas de lucha contra incendios**

El grafito no es inflamable en condiciones normales.	
5.1 Medios de extinción	Extintor químico seco, agua, arena, polvo de caliza.
5.2 Peligros especiales	a temperaturas superiores a 1500 °C, el grafito reacciona con sustancias que contienen oxígeno, agua y dióxido de carbono. En caso de incendios extremadamente calientes, use arena para cubrir y aislar el grafito.
Productos de la combustión:	Dióxido de carbono, CO <sub>2</sub> , monóxido de carbono, CO.
5.3 Consejos para los bomberos: Utilice un paquete de aire autónomo, guantes, gafas de seguridad.	
5.4 Información adicional: Calificación NFP de Estados Unidos 010	

**Sección 6: Medidas de vertido accidental**

Utilice mascarara para polvo, gafas de seguridad y guantes de trabajo convencionales aprobados.	
Métodos de limpieza:	Barrido o aspiradora convencionales. Evitar crear condiciones de polvo.
6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia	
6.1.1 Para el personal que no es de emergencia: Utilice mascarara para polvo, gafas de seguridad y guantes de trabajo convencionales aprobados. Use técnicas de limpieza convencionales y evite el polvo. Se prefiere la aspiradora al barrido. Tenga cuidado con resbalar en superficies peatonales húmedas o secas. Use una mascarara para polvo/respirador para reducir el cambio de polvo inhalado. El grafito es conductor de la electricidad, y los métodos de limpieza deben evitar el contacto del grafito con un circuito eléctrico.	
6.1.2 Para proveedores de servicios de emergencia: Utilice mascarara para polvo, gafas de seguridad y guantes de trabajo convencionales aprobados. El personal que no es de emergencia debe utilizar la misma metodología (sección 6.1.1).	
6.2 Precauciones ambientales: El grafito natural es inerte y no presenta ningún riesgo de iones solubles para el medio ambiente. Sin embargo, se deben seguir buenas prácticas de limpieza, y el material derramado se debe limpiar y desechar de manera adecuada.	
6.3 Métodos y material para contención y limpieza: No se necesita ninguna contención especial que no sea la aspiración convencional y la contención de desechos. Evite crear polvo. El grafito es conductor de la electricidad, y los métodos de limpieza deben evitar el contacto del grafito con un circuito eléctrico.	
6.4 Referencia a otras secciones: No es necesario.	
6.5 Información adicional: No es necesario.	



For over 120 years, providing value with quality, consistency and reliability in all we do!

SDS CE de Asbury Carbons: Grafito natural 95 % de carbono, abril de 2018, página 3

**Sección 7: Manipulación y almacenamiento**

**7.1 Precauciones para una manipulación segura**

7.1.1 Manipulación: use métodos convencionales, pero evite las condiciones de polvo. Proporcione suficiente ventilación de escape en áreas donde se crea polvo. Use protección respiratoria adecuada. Evite que el polvo entre en contacto con los ojos. El grafito natural es un buen conductor de electricidad. Evite el contacto entre el grafito natural y circuitos eléctricos.

Peligro de resbalones: El grafito es un material altamente lubricado y puede presentar un riesgo de deslizamiento si se derrama sobre superficies peatonales húmedas o secas.

7.2 Condiciones para el almacenamiento seguro, incluso las incompatibilidades.

Almacenamiento: Almacene todos los materiales carbonosos en un lugar seco. Mantenga el empaque cerrado o cubierto.

Incompatibilidades: el grafito es incompatible con todos los agentes oxidantes.

Peligros de explosividad del polvo: El polvo de grafito muy finamente dividido presenta un riesgo muy leve de peligro de explosión de polvo: clase de polvo ST1, EMI mayor a 10 J (riesgo muy bajo de ignición por chispa).

**Sección 8: Controles de exposición o protección personal**

**8.1 Parámetros de control**

**8.1.1 Límites de exposición ocupacional**

Componente	CAS n.º	%	ACGIH TWA	Referencia de control
Grafito mineral natural	7782-42-5	95+	2,0 mg/m <sup>3</sup> Polvo respirable 10,0 mg/m <sup>3</sup> Polvo inhalable	Manual 2018 ACGIH TLV
Silicio (cuarzo), un componente de la ceniza	14808-60-7	<0,5	0,025 mg/m <sup>3</sup> Polvo respirable	Manual 2018 ACGIH TLV Ver la Sección 11.1
Minerales de origen natural (cenizas inertes)	999999-99-4	<5	2,0 mg/m <sup>3</sup> Polvo respirable	Manual 2018 ACGIH TLV
Medidas de ingeniería	Utilice una captación de polvo adecuada para mantener los niveles de polvo por debajo de los valores de control o recomendados.			
Protección respiratoria	Máscara para polvo, tipo N95 recomendada y aprobada.			
Protección para los ojos	Gafas de seguridad convencionales.			
Protección para la piel	Guantes y vestimenta de trabajo convencionales.			
Adicional	El grafito derramado sobre superficies peatonales puede plantear un riesgo de resbalamiento significativo.			

**8.2 Controles de exposición**

8.2.1 Controles de ingeniería apropiados: Utilice una captación de polvo adecuada para mantener los niveles de polvo por debajo de los valores de control o recomendados.

8.2.2 Equipo de protección personal

8.2.2.1 Protección para los ojos/cara: Use gafas de laboratorio o lentes de seguridad con protección total.

8.2.2.2 Protección de la piel: Guantes y vestimenta de trabajo convencionales.

8.2.2.3 Protección respiratoria: Máscara para polvo, tipo N95 recomendada y aprobada.

8.2.3 Controles de exposición ambiental: El grafito natural es inerte e insoluble. Hasta donde sabemos, el grafito natural no presenta ningún peligro ambiental. No se requieren controles especiales de exposición ambiental, más allá de las prácticas estándares y responsables para el control de polvo y derrames.



For over 120 years, providing value with quality, consistency and reliability in all we do!

SDS CE de Asbury Carbons: Grafito natural 95 % de carbono, abril de 2018, página 4

### Sección 9: Propiedades físicas y químicas

#### 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Color:	Gris a negro	Estado material	Sólido, granular o en polvo
Olor	Ninguno		
Punto de ebullición:	NA	Punto de fusión	Sublimación a 3652 °C
Gravedad específica	2.26	Densidad del vapor	No aplicable
Presión de vapor (mmHg)	NA	% volátil (por peso)	0-1 %
Solubilidad en agua	Insoluble	Tasa de evaporación:	No aplicable
pH	NA	Autoignición	Por encima de 500 °C
Temperatura de descomposición	Se oxida por encima de 450 °C	Clase de explosión de polvo	ST1 = KST > 0-200 bar m/s, EMI por encima de 10 J.
Punto de inflamabilidad	NA. Sustancia sólida con un punto de fusión muy alto.		

### Sección 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad	El grafito no es reactivo en condiciones ambientales.
10.2 Estabilidad	Estable. No se polimeriza ni reacciona por sí mismo de manera espontánea.
10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas	Ninguna conocida.
10.4 Condiciones a evitar	Evitar el contacto con agentes oxidantes. El grafito comenzará a oxidar a temperaturas superiores a 450 °C.
10.5 Materiales incompatibles	Agentes oxidantes.
10.6 Productos peligrosos de descomposición	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), monóxido de carbono (CO).
Límites inflamables (% por vol.)	Los valores LEL y UEL no están disponibles. Energía mínima de ignición (EMI) mayor a 10 julios. Cuando se expone a fuentes de ignición de energía extremadamente alta, el polvo de grafito muy finamente dividido puede formar mezclas explosivas con el aire. Evite el contacto entre las nubes de polvo de grafito y las fuentes de ignición de alta energía. Clasificado como combustible pero no inflamable.

### Sección 11: Información toxicológica

#### 11.1 Información sobre efectos toxicológicos Toxicidad aguda

	Dosis máxima	Especies	Método	Observaciones
Toxicidad oral aguda	LD50 > 2000 mg/kg de peso corporal	Rata	OCDE 423	
Toxicidad aguda por inhalación	LC50 > 2000 mg/m <sup>3</sup>	Rata	OCDE 403	Límite de dosis según CLP.

	Especies	Método	Resultado
Corrosión o irritación cutánea	Conejo	OCDE 404	No irritante
Daño o irritación ocular grave	Conejo	OCDE 405	No irritante
Sensibilización respiratoria o cutánea	Ratón	OCDE 429	No sensibilizante

	Especies	Método	Resultado de la dosis máxima	Observaciones
Genotoxicidad	In vitro	OCDE 471	Negativo	Ensayo de mutación inversa bacteriana.
Genotoxicidad	In vitro	OCDE 473	Negativo	Prueba de aberración cromosómica en mamíferos.
Genotoxicidad	In vitro	OCDE 476	Negativo	Prueba de mutación genética en células de mamíferos (mutación genética).
Carcinogenicidad		Literatura	No cancerígeno (DFG, 2002).	Sobre la base de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
Toxicidad reproductiva	Rata	OCDE 422	NOAEL > 1000 mg/kg de peso corporal	Dosis como ingesta nominal de alimentos, correspondiente a la dosis límite según OCDE 422. Sobre la base de los datos disponibles, los criterios de clasificación no se cumplen.



For over 120 years, providing value with quality, consistency and reliability in all we do!

SDS CE de Asbury Carbons: Grafito natural 95 % de carbono, abril de 2018, página 5

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos (continuación)

STOT: exposición única

Exposición única	Efecto específico	Órganos afectados	Observación
Toxicidad oral aguda OCDE 423 (rata)	Sin efectos específicos	No aplicable	Sobre la base de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
Toxicidad aguda por inhalación OCDE 403 (rata)	Solo se observaron signos habituales de malestar después del final de la exposición.	No aplicable	Sobre la base de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

STOT: exposición repetida No disponible

La exposición prolongada o masiva al polvo que contiene sílice cristalina respirable puede causar silicosis, una fibrosis pulmonar nodular causada por la deposición en los pulmones de partículas respirables finas de sílice cristalina.

En 1997, el IARC (Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer) concluyó que la sílice cristalina inhalada de fuentes ocupacionales puede causar cáncer de pulmón en humanos. Sin embargo, señaló que no se debían incriminar a todas las circunstancias industriales, ni a todos los tipos de sílice cristalina. (IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risks of chemicals to humans, Silica, silicates dust and organic fibres, 1997, Vol. 68, IARC, Lyon, Francia).

En junio de 2003, SCOEL (el Comité Científico de la UE para los Límites de Exposición Ocupacional) concluyó que, en los humanos, el principal efecto de la inhalación del polvo de sílice cristalino respirable es la silicosis. "Existe suficiente información para concluir que el riesgo relativo de cáncer de pulmón aumenta en personas con silicosis (y, aparentemente, no en empleados que no sufren de silicosis y que están expuestos al polvo de sílice en canteras y en la industria cerámica). Por lo tanto, la prevención del inicio de la silicosis también reducirá el riesgo de cáncer..." (SCOEL SUM Doc 94-final, junio de 2003).

Peligro de aspiración: Sustancia sólida. Sobre la base de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

**En caso de ingestión:** No se encontraron signos de toxicidad sistémica en los estudios según la OCDE 423 y la OCDE 422.

Sin datos sobre los efectos después de la ingestión en humanos. Ver la sección 4 para conocer las medidas de primeros auxilios.

**En caso de contacto con la piel:** No se encontró irritación o corrosión en un estudio según la OCDE 404. Sin datos sobre los efectos después del contacto con la piel en humanos. Ver la sección 4 para conocer las medidas de primeros auxilios.

**En caso de inhalación:** No se encontraron signos de toxicidad sistémica en los estudios según la OCDE 403 y la OCDE 412.

En estos estudios se encontraron signos habituales después de la inhalación de polvos poco solubles con baja toxicidad. No se esperan síntomas si se cumplen los niveles de exposición ocupacional relevantes y los niveles de efectos no derivados. En situaciones de excesiva sobrecarga pulmonar repetida debido a una alta concentración en el aire de partículas de tamaño respirable durante periodos de tiempo prolongados, puede desarrollarse neumoconiosis. Ver la sección 4 para conocer las medidas de primeros auxilios.

**En caso de contacto con los ojos:** No se encontró irritación o corrosión en un estudio según la OCDE 405. Sin datos sobre los efectos después del contacto visual en humanos. Ver la sección 4 para conocer las medidas de primeros auxilios.



For over 120 years, providing value with quality, consistency and reliability in all we do!



SDS CE de Asbury Carbons: Grafito natural 95 % de carbono, abril de 2018, página 6

**Sección 12: Información ecológica**

12.1 Toxicidad:		El grafito natural es inerte e insoluble. Hasta donde sabemos, el grafito natural no presenta ningún peligro ambiental.		
12.1.1 Toxicidad acuática: El grafito no es soluble en agua y no presenta un riesgo de ion soluble. Las partículas finas de grafito suspendidas en cuerpos de agua naturales pueden ser dañinas para los organismos sensibles a los sólidos suspendidos.				
Toxicidad acuática	Dosis máxima	Tiempo de exposición	Método	Observaciones
Toxicidad aguda en peces	CL50 > 100 mg/l	96 horas	OCDE 203 (Método C.1 de UE)	No se observó ninguna reacción adversa hasta la concentración probada.
Toxicidad aguda en daphnia	CE50 > 100 mg/l	48 horas	OCDE 202 (Método C.2 de UE)	No se observó ninguna reacción adversa hasta la concentración probada.
Toxicidad aguda en algas	CE50 > 100 mg/l	72 horas	OCDE 201 (Método C.3 de UE)	No se observó ninguna reacción adversa hasta la concentración probada.
12.1.2 Toxicidad de sedimentos: Ninguna conocida.				
12.1.3 Toxicidad terrestre: Ninguna conocida.				
12.2 Persistencia y degradabilidad: El grafito es una forma reducida de carbono y no se degrada más en condiciones normales. Esta forma de carbono es estable, no reacciona en el agua en condiciones ambientales y es insoluble.				
12.3 Potencial de bioacumulación: No hay evidencia que indique que el grafito sea bioacumulativo.				
12.4 Movilidad del suelo: No se espera que el grafito tenga movilidad en el suelo ya que es una sustancia insoluble.				
12.5 Evaluación de PBT y vPvB: El grafito no es una sustancia persistente bioacumulativa y tóxica.				
12.6 Otros efectos adversos: Ninguno conocido. El grafito no tiene potencial de agotamiento del ozono.				

**Sección 13: Consideraciones sobre la eliminación**

Deseche el material de una manera que se ajuste a las regulaciones locales, estatales y federales.

El grafito es una forma reducida de carbono. El grafito no es peligroso, pero el desecho de los residuos de grafito debe ser manejado de manera responsable.

El grafito es una forma de carbono elemental por tanto no es biodegradable.

La provisión de un Catálogo Europeo de Residuos (CER), número de código de residuo, debe manejarse de acuerdo con la empresa regional de eliminación de desechos.

El envase debe estar completamente vacío de contenidos y desecharse de una manera especificada por el reciclador o contratista de desecho regional. Debe evitarse la formación de polvo a partir de los residuos de embalaje. Almacene el embalaje vacío en un receptáculo adecuado.



For over 120 years, providing value with quality, consistency and reliability in all we do!

SDS CE de Asbury Carbons: Grafito natural 95 % de carbono, abril de 2018, página 7

**Sección 14: Información de transporte**

14.1 Número UN	No aplicable
14.2 Denominación adecuada de envío UN	No aplicable
14.3 Nivel de peligro de transporte	No aplicable
14.4 Grupo de embalaje	No aplicable
14.5 Peligros ambientales	Ninguno conocido.
Transporte marítimo	No clasificado como un material peligroso
Transporte por tierra	No clasificado como un material peligroso
Transporte aéreo	No clasificado como un material peligroso según IATA.
Se requiere etiqueta de transporte	No se requiere etiqueta

**Sección 15: Información regulatoria**

**15.1 Estado regulatorio e inventarios**

No clasificado	
Información de inventario:	
EINECS de CEE	N.º 231-955-3
TSCA de EE. UU.	Si
DSL de Canadá	Si
NDGL de Canadá	No
AICS de Australia	Si
ECL de Corea	Si
PAC de Asia	Si
Swiss Giftite 1	SI N.º G8422
IECSC	Si
PICCS	Si
NZLoC de Nueva Zelanda	Si
REACH: El grafito natural está exento de registro REACH según el Anexo V, Párrafo VII.	
RoHS: El grafito natural cumple con la directiva RoHS de la UE.	
WEEE: El grafito natural cumple con la directiva sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de la UE.	
15.2 Evaluación de seguridad química: Para esta sustancia, no se requiere una evaluación de seguridad química	

**Sección 16: Otra información**

Abreviaturas utilizadas:

ACGIH TWA: valor promedio ponderado en el tiempo del Consejo Estadounidense de Higienistas Industriales y del Gobierno

CAS: Servicio de compendio químico

NA: No aplicable

NOS: No especificado de otra manera

BW: Peso corporal



For over 120 years, providing value with quality, consistency and reliability in all we do!