



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**“Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de
durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm² Lima- 2020”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Montañez Adama, Brayan Marcelino (ORCID: 0000-0002-3373-8226)

Zavala Villarroel, Alexis Gilmar (ORCID: 0000-0003-1860-5457)

ASESOR:

Mg. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

En primer lugar, agradecer a Dios todo poderoso por permitirnos un día más de vida y permitirnos continuar nuestra vida universitaria y profesional con fe en los días de prosperidad. Asimismo, agradecer a cada familiar de los tesisistas, que son el motor principal para poder continuar con esta investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a nuestra institución y todas las instituciones que hicieron posible este aporte para poder realizar nuestro proyecto de investigación, así mismo con los laboratorios, materiales etc.

Al Mg. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez, por el papel importante que tuvo al ser nuestro asesor y guiarnos durante esta investigación.

También al Ing. Leopoldo Choque Flores, coordinador de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Cesar Vallejo – Ate, por facilitarnos la información y documentación requerida y así mismo por el apoyo durante esta investigación.

Índice de contenidos

| | |
|--|-----------|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Índice de tablas | v |
| Índice de gráficos y figuras..... | ix |
| Índice abreviaturas | xii |
| Resumen | xiii |
| ABSTRACT..... | xv |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III. METODOLOGÍA | 24 |
| 3.1 Tipo y diseño de la investigación..... | 24 |
| Variables y Operacionalización..... | 25 |
| 3.3 Población, muestra y muestreo | 27 |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 28 |
| 3.5 Procedimientos..... | 30 |
| 3.6 Método de análisis de datos..... | 31 |
| 3.7 Aspectos Éticos | 31 |
| IV. RESULTADOS | 32 |
| V. DISCUSIÓN | 91 |
| VI. CONCLUSIONES | 93 |
| VII. RECOMENDACIONES | 95 |
| REFERENCIAS..... | 96 |
| ANEXOS | 100 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Cuadro de resultados con % utilizados de grafeno | 9 |
| Tabla 2: Resumen de los antecedentes internacionales y nacionales..... | 10 |
| Tabla 3: Compuestos primordiales del cemento | 16 |
| Tabla 4: Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos..... | 19 |
| Tabla 5: Matriz de Operacionalización de variables | 26 |
| Tabla 6: Muestras para el ensayo de exposición a sulfato..... | 28 |
| Tabla 7: Muestra para el ensayo de exposición a congelación y deshielo..... | 28 |
| Tabla 8: Tabla de normas | 29 |
| Tabla 9: Granulometría agregado fino | 32 |
| Tabla 10: Peso Unitario Suelto A.F | 34 |
| Tabla 11: Peso Unitario Compactado A.F | 35 |
| Tabla 12: Peso Específico y Absorción A.F | 36 |
| Tabla 13: Contenido de Humedad A.F | 37 |
| Tabla 14: Granulometría agregado grueso | 37 |
| Tabla 15: Peso Unitario Compacto A.G | 38 |
| Tabla 16: Peso Unitario Compacto A.G | 39 |
| Tabla 17: Peso Unitario Suelto A.G | 39 |
| Tabla 18: Peso específico y Absorción A.G..... | 40 |
| Tabla 19: Contenido de Humedad A.G..... | 41 |
| Tabla 20: Propiedades físicas y químicas del cemento | 42 |
| Tabla 21: Propiedades De A.G Y A.F | 43 |
| Tabla 22: Resistencia de la compresión promedio | 43 |
| Tabla 23: Asentamiento recomendados para varios tipos de consistencia..... | 44 |
| Tabla 24: Relación Agua – Cemento y resistencia a la compresión del concreto | 44 |
| Tabla 25: Volumen unitario de agua | 45 |
| Tabla 26: Contenido de aire atrapado | 45 |

| | |
|--|----|
| Tabla 27: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto | 46 |
| Tabla 28; Cuadro diseño mezcla concreto | 48 |
| Tabla 29: Cuadro diseño mezcla concreto 0.50% adición | 48 |
| Tabla 30: Cuadro diseño mezcla concreto 1.00% adición | 49 |
| Tabla 31: Trabajabilidad Slump | 50 |
| Tabla 32: Inmersión en sulfato de magnesio a los 7 días | 54 |
| Tabla 33: Variación de peso del concreto inmerso a sulfato a los 7 días..... | 55 |
| Tabla 34: Inmersión en sulfato de magnesio a los 14 días | 57 |
| Tabla 35: Variación de peso del concreto inmerso a sulfato a los 14 días..... | 58 |
| Tabla 36: Inmersión en sulfato de magnesio a los 28 días | 60 |
| Tabla 37: Variación de peso del concreto inmerso a sulfato a los 28 días..... | 61 |
| Tabla 38: Resistencia a compresión a 7 días del concreto patrón | 62 |
| Tabla 39: Resistencia a compresión a 7 días con 0.50% de grafeno | 63 |
| Tabla 40: Resistencia a compresión a 7 días con 1.00% de grafeno | 63 |
| Tabla 41: Resistencia a compresión a 14 días del concreto patrón | 64 |
| Tabla 42: Resistencia a compresión a 14 días con 0.50% de grafeno | 64 |
| Tabla 43: Resistencia a compresión a 14 días con 1.00% de grafeno | 65 |
| Tabla 44: Resistencia a compresión a 28 días del concreto patrón | 66 |
| Tabla 45: Resistencia a compresión a 28 días con 0.50% de grafeno | 66 |
| Tabla 46: Resistencia a compresión a 28 días con 1.00% de grafeno | 66 |
| Tabla 47: Probetas sometidas a congelación a los 7 días | 69 |
| Tabla 48: Probetas sometidas a deshielo a los 7 días..... | 70 |
| Tabla 49: Probetas sometidas a congelación a los 14 días | 71 |
| Tabla 50: Probetas sometidas a deshielo a los 14 días | 71 |
| Tabla 51: Probetas sometidas a congelación a los 28 días | 72 |
| Tabla 52: Probetas sometidas a deshielo a los 28 días | 73 |
| Tabla 53: Resistencia a compresión a 7 días del concreto patrón | 74 |

| | |
|--|----|
| Tabla 54: Resistencia a compresión a 7 días con 0.50% de grafeno | 75 |
| Tabla 55: Resistencia a compresión a 7 días con 1.00% de grafeno | 75 |
| Tabla 56: Resistencia a compresión a 14 días del concreto patrón | 76 |
| Tabla 57: Resistencia a compresión a 14 días con 0.50% de grafeno | 76 |
| Tabla 58: Resistencia a compresión a 14 días con 1.00% de grafeno | 77 |
| Tabla 59: Resistencia a compresión a 28 días del concreto patrón | 78 |
| Tabla 60: Resistencia a compresión a 28 días con 0.50% de grafeno | 78 |
| Tabla 61: Resistencia a compresión a 28 días con 1.00% de grafeno | 78 |
| Tabla 62: Tabla SPSS | 81 |
| Tabla 63: Pruebas de normalidad | 81 |
| Tabla 64: Cuadro de pruebas de normalidad | 82 |
| Tabla 65: Estadística de grupo | 82 |
| Tabla 66: Prueba de muestras independiente | 82 |
| Tabla 67: Tabla SPSS | 83 |
| Tabla 68: Tabla de prueba normalidad..... | 83 |
| Tabla 69: Cuadro de pruebas de normalidad | 84 |
| Tabla 70: Estadística de grupo | 84 |
| Tabla 71: Prueba de muestras independiente | 85 |
| Tabla 72: Tabla SPSS | 86 |
| Tabla 73: Prueba de normalidad | 86 |
| Tabla 74: Cuadro de pruebas de normalidad | 87 |
| Tabla 75: Estadística de grupo | 87 |
| Tabla 76: Prueba de muestras independiente | 88 |
| Tabla 77: Tabla SPSS | 88 |
| Tabla 78: Prueba de normalidad | 89 |
| Tabla 79: Cuadro de pruebas de normalidad | 89 |
| Tabla 80: Estadística de grupo | 90 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 81: Prueba de muestras independiente | 90 |
| Tabla:82. Matriz de consistencia | 100 |
| Tabla 83: Juicio de experto 1 | 108 |
| Tabla 84 : Juicio de experto 2 | 109 |
| Tabla 85: Juicio de experto 3 | 110 |

Índice de gráficos y figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Ensayo a compresión a los 28 días..... | 4 |
| Figura 2: Aumento porcentual en la resistencia a compresión | 7 |
| Figura 3: Cuadro de resultados con % utilizados de grafeno..... | 9 |
| Figura 4: Formas alotrópicas del carbono | 12 |
| Figura 5: Representaciones esquemáticas del grafeno | 13 |
| Figura 6: Comparación de grafito y espesores de grafeno..... | 14 |
| Figura 7: Mapa Raman del número de capas a través de la película continua | 14 |
| Figura 8: Diferentes formas de grafeno | 15 |
| Figura 9: Composición química del grafeno..... | 17 |
| Figura 10: Diagrama de flujo del ensayo del NTP 400.016 | 20 |
| Figura 11: Efecto de los agentes de consolidación en el refinamiento de poros .. | 21 |
| Figura 12: Diagrama de flujo del ensayo del ASTM-C666..... | 22 |
| Figura 13: Curva granulométrica del A.F | 33 |
| Figura 14: Curva granulométrica A.G..... | 38 |
| Figura 15: Asentamiento del concreto..... | 50 |
| Figura 16: Disolución del sulfato de magnesio | 52 |
| Figura 17: Peso inicial de las muestras | 53 |
| Figura 18: Inmersión con sulfato de magnesio..... | 53 |
| Figura 19: Secado en horno | 55 |
| Figura 20: Variación del Peso a 7 días | 56 |
| Figura 21: Variación deterioro a 7 días..... | 56 |
| Figura 22: Variación del Peso a 14 días..... | 58 |
| Figura 23: Variación deterioro a 14 días..... | 59 |
| Figura 24: Variación del Peso a 28 días | 61 |
| Figura 25: Variación deterioro a 28 días..... | 62 |
| Figura 26: Resistencia a compresión a 7 días..... | 63 |

| | |
|---|-----|
| Figura 27: Resistencia a compresión a 14 días..... | 65 |
| Figura 28: Resistencia a compresión a 28 días..... | 67 |
| Figura 29: Resumen de resultados de los 7,14 y 28 días..... | 67 |
| Figura 30: Período de congelación de la muestra | 68 |
| Figura 31: Ensayo a compresión de muestras cilíndricas | 74 |
| Figura 32: Resistencia a compresión a 7 días..... | 75 |
| Figura 33: Resistencia a compresión a 14 días..... | 77 |
| Figura 34: Resistencia a compresión a 28 días..... | 79 |
| Figura 35 : Resumen de resultados de los 7,14 y 28 días..... | 79 |
| Figura 36: Ficha técnica del cemento sol | 101 |
| Figura 37: Requisitos mecánicos cemento andino | 102 |
| Figura 38: Ficha técnica del grafeno | 103 |
| Figura 39: Formato del ensayo de congelación y deshielo ASTM C666..... | 104 |
| Figura 40: Formato del ensayo de exposición a sulfato NTP 400.016..... | 105 |
| Figura 41: Formato del ensayo de compresión (NTP 339.034)..... | 106 |
| Figura 42: Validación de instrumentos de recolección de datos..... | 107 |
| Figura 43: Certificado calibración prensa de concreto | 111 |
| Figura 44: Certificado de calibración horno..... | 112 |
| Figura 45: Certificado de calibración balanza..... | 113 |
| Figura 46: Certificado de calidad | 114 |
| Figura 47: Certificado de ensayo de granulometría del agregado fino..... | 115 |
| Figura 48: Peso unitario agregado fino | 116 |
| Figura 49: Certificado de ensayo de peso específico y absorción del agregado fino | 117 |
| Figura 50: Certificado de ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso | 118 |
| Figura 51: Certificado de ensayo del peso unitario del agregado grueso | 119 |

| | |
|---|-----|
| Figura 52: Certificado de ensayo gravedad especifica de sólidos | 120 |
| Figura 53: Certificado de ensayo de asentamiento del concreto fresco..... | 121 |
| Figura 54: Certificado de diseño de mezcla de concreto patrón..... | 122 |
| Figura 55: Certificado de diseño de mezcla con 0.50% de grafeno..... | 123 |
| Figura 56: Certificado de diseño de mezcla con 1.00% de grafeno..... | 124 |
| Figura 57: Certificado de ensayo de exposición a sulfato a 7 días..... | 125 |
| Figura 58: Certificado de ensayo de exposición a sulfato a 14 días..... | 126 |
| Figura 59: Certificado de ensayo de exposición a sulfato a 28 días..... | 127 |
| Figura 60: Certificado de ensayo de congelación y deshielo a los 7 días | 128 |
| Figura 61: Certificado de ensayo de congelación y deshielo a los 14 días | 129 |
| Figura 62: Certificado de ensayo de congelación y deshielo a los 28 días | 130 |
| Figura 63: Certificado de ensayo a compresión a los 7 días..... | 131 |
| Figura 64: Certificado de ensayo a compresión a los 7 días..... | 132 |
| Figura 65: Certificado de ensayo a compresión a los 14 días | 133 |
| Figura 66 Certificado de ensayo a compresión a los 14 días..... | 134 |
| Figura 67: Certificado de ensayo a compresión a los 28 días | 135 |
| Figura 68: Certificado de ensayo a compresión a los 28 días | 136 |
| Figura 69: Ensayo de materiales..... | 137 |
| Figura 70: Diseño de mezcla con 0.50% de grafeno | 138 |
| Figura 71: Diseño de mezcla con 1.00% de grafeno | 139 |
| Figura 72: Slump..... | 140 |
| Figura 73: Probetas expuesto a sulfato de magnesio..... | 141 |
| Figura 74: Probetas expuesto a sulfato de magnesio..... | 142 |
| Figura 75: Resistencia a compresión | 143 |
| Figura 76: Probetas expuesto a congelación - deshielo..... | 144 |
| Figura 77: Resistencia a compresión | 145 |

Índice abreviaturas

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.

ACI: American Concrete Institute

GO: Óxido de Grafeno.

rGO: Óxido De Grafeno Altamente Reducido.

μm : Micrómetro.

nm: Nanómetro.

MgSO_4 : Sulfato de Magnesio.

CaCO_3 : Carbonato De Calcio

MPa: Megapascales.

Resumen

En la presente tesis, se realizó la investigación de las propiedades de durabilidad del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el cual se usó Grafeno con porcentajes de 0.50% y 1.00%. Para iniciar la investigación se determinó las propiedades de los agregados finos y gruesos de la cantera "Trapiche", Después se procedió a realizar el diseño de mezcla de nuestro concreto patrón. Una vez obtenida la dosificación de nuestro concreto patrón, continuamos con los ensayos en estado fresco para el cual realizamos el ensayo SLUMP donde nuestro concreto patrón tuvo un asentamiento de 3", con la adición de 0.50% de Grafeno aumento el asentamiento a 4" y con la adición de 1.00% de Grafeno el asentamiento se obtuvo 3", luego de terminar con los ensayos en estado fresco proseguimos con la elaboración de probetas de concreto con cemento Sol tipo I, para las cuales fueron 27 probetas cilíndricas para el ensayo de exposición a sulfato de magnesio donde se utilizó una cantidad de 5000 mg/Lt en las edades de 7, 14 y 28 donde nuestro concreto patrón perdió un peso de 0.025 kg, al adicionar 0.50% de grafeno perdió un peso de 0.010 kg y al adicionar 1.00% de grafeno perdió un peso de 0.016 kg, estas probetas fueron sometidas al ensayo de resistencia a compresión, después de haber ensayado nuestras probetas cilíndricas obtuvimos los resultados del esfuerzo a compresión en el cual el concreto patrón a los 28 días de diseño obtuvo un esfuerzo a compresión de 208.8 kg/cm^2 , con la adición de 0.50% de grafeno a los 28 días de diseño obtuvo un esfuerzo a compresión de 265.1 kg/cm^2 y con la adición de 1.00% de grafeno a los 28 días de diseño se obtuvo un esfuerzo a compresión de 246.46 kg/cm^2 . Asimismo, se realizó el ensayo de congelación para las cuales fueron 27 probetas. Los resultados del ensayo de exposición a congelación y deshielo sometidas a 5 ciclos después estas probetas fueron sometidas al ensayo de resistencia a compresión, después de haber ensayado nuestras probetas cilíndricas obtuvimos los resultados del esfuerzo a compresión en el cual el concreto patrón a los 28 días de diseño obtuvo un esfuerzo a compresión 209.9 kg/cm^2 , con la adición de 0.50% de grafeno a los 28 días de diseño obtuvo un esfuerzo a compresión de 263.4 kg/cm^2 y con la adición de 1.00% de grafeno a los 28 días de diseño se obtuvo un esfuerzo a compresión de 247.5 kg/cm^2 .

Llegando a la conclusión que al adicionar grafeno en el concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ mejora las propiedades de durabilidad del concreto según los resultados obtenidos mediante el laboratorio.

Palabras claves: Grafeno, concreto, Durabilidad, Resistencia a la compresión, Exposición a sulfatos, Exposición a congelación y deshielo.

ABSTRACT

In this thesis, the investigation of the durability properties of concrete $F'c = 210$ kg/cm² in which Graphene was used with percentages of 0.50% and 1.00% was carried out. To start the investigation, the properties of the fine and coarse aggregates of the "Trapiche" quarry were determined. Afterwards, the mixture design of our standard concrete was carried out. Once the dosage of our standard concrete was obtained, we continued with the tests in fresh state for which we performed the SLUMP test where our standard concrete had a settlement of 3", with the addition of 0.50% of Graphene, the settlement increased to 4" and with the addition of 1.00% of Graphene, the settlement was obtained 3", After finishing the tests in a fresh state, we continued with the elaboration of concrete specimens with Sol cement type I, for which there were 27 cylindrical specimens for the magnesium sulfate exposure test where a quantity of 5000 mg / L was used in ages 7, 14 and 28 where our standard concrete lost a weight of 0.026 kg, by adding 0.50% graphene it lost a weight of 0.010 kg and by adding 1% graphene it lost a weight of 0.016 kg, these specimens were subjected to the compressive strength test, after having tested our cylindrical specimens we obtained the results of the compressive stress in which the concrete pattern at 28 days of design obtained a compressive stress of 208.8 kg/cm², with the addition of 0.50% graphene at 28 days of design obtained a compressive stress of 265.1 kg/cm² and with the addition of 1% graphene at 28 days of design, a compressive stress of 246.46 kg/cm² was obtained. Likewise, the freezing test was carried out for which there were 27 specimens. The results of the exposure test to freezing and thawing subjected to 5 cycles after these specimens were subjected to the compressive strength test, after having tested our cylindrical specimens we obtained the results of the compressive stress in which the standard concrete at 28 days of design obtained a compressive stress 209.9 kg/cm², with the addition of 0.50% graphene at 28 days of design obtained a compressive stress of 263.4 kg/cm² and with the addition of 1% graphene at 28 days of design obtained a compressive stress of 247.2 kg/cm².

Reaching the conclusion that by adding graphene to concrete, F'C = 210 kg/cm² improves the durability properties of concrete according to the results obtained through the laboratory.

Keywords: Graphene, concrete, durability, compressive strength, sulfate exposure, freeze-thaw exposure.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo se puede apreciar que las construcciones de gran magnitud son sinónimo de progreso y de adelanto ante otros países, donde el concreto es un componente fundamental para la elaboración de dichas edificaciones, pero, sin embargo, no bastaría que un concreto solo sea resistente, también tiene que ser durable, esta propiedad es primordial para que la vida útil del concreto sea más prolongada evitando los constantes mantenimientos y el costo adicional que esto generaría.

En las edificaciones actuales en el Perú se busca que un concreto tenga características de durabilidad, el grafeno agregado como aditivo busca que el concreto convencional sea más durable, que tenga las características de soportar agentes químicos, cambios de temperaturas o cualquier otra condición de servicio que deteriore el concreto. Los progresos tecnológicos permiten la investigación de implementar nuevos compuestos en la mezcla del concreto para mejorar sus propiedades mecánicas, físicas y químicas.

La durabilidad es una característica importante para los distintos tipos de concreto que debe tener la capacidad de soportar el intemperismo, la exposición química, u otros factores de desgaste; se solicita que el hormigón debe conservar su estado inicial, calidad y propiedades de servicio cuando es sometido a este ambiente. (ACI 201.2R-01, 2001, p. 2).

El grafeno al utilizar métodos de fuerza atómica tiene un módulo de Young superior a otros materiales indicando que es un material elástico, con capacidad de soportar 130 GPa de resistencia a tracción. Tenido una combinación de resistencia y flexibilidad. (Ramos, 2017, p. 20).

El grafeno es un material compuesta por carbono, en esta sustancia tiene la particularidad de poseer una estructura hexagonal, posee una resistencia y flexibilidad mayor que el acero, siendo a su vez más ligero que el aluminio. En el

2010 los científicos André Geim y Konstantin Novoselov descubrieron las propiedades de este material recibiendo el premio Nobel en física. Este material posee propiedades que mejoran el concreto. (Vázquez, 2011, p. 1).

Por lo cual investigaciones previas indican que el grafeno aporta propiedades de durabilidad al concreto, evitando que los sulfatos no lo dañen y no penetren, también aumenta la durabilidad ante el intemperismo que hay en las zonas alto andinas que tienen una constante variación de temperatura, se puede apreciar climas helados con lo cual dañaría al concreto, perjudicando su durabilidad y por lo tanto su vida útil provocando que la estructuras tengan un mantenimiento constante que genere un costo adicional.

Paz, Irene indica que el grafeno es resistente a la descomposición ante agentes microbianos, siendo un material que soporta la oxidación ante ataques químicos. (2018)

Formulación al Problema

Se plantea la siguiente formulación del problema general ¿Influirá el grafeno como aditivo en la propiedad de durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm²? Así mismo, en la presente investigación se planteará los problemas específicos que perjudican a la durabilidad del concreto por lo tanto se plantea: ¿De qué manera influirá el grafeno como aditivo en la durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm² expuesto a sulfato? y ¿Cómo influirá el grafeno como aditivo en la durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm² expuesto al intemperismo de temperaturas heladas?

Justificación del estudio

Justificación teórica tiene como finalidad incrementar los conocimientos que se tiene acerca del concreto y su comportamiento cuando se le añade aditivos, en esta investigación se implementará el grafeno y se proporcionará los conocimientos en los usos que se le puede dar y los beneficios que se obtendrán. El grafeno se implementará en el concreto como aditivo obteniendo como resultado la mejora de

la durabilidad ante la exposición a sulfatos y temperaturas heladas. La justificación práctica en la investigación tiene como finalidad de demostrar como el grafeno puede ser utilizado como aditivo en el concreto F'c 210 kg/cm², ya que, dicho compuesto tiene propiedades de mejorar su durabilidad ante agentes químicos y la resistencia ante la congelación, estas propiedades son primordiales en una estructura de concreto por lo tanto se pretende alcanzar un concreto más durable que disminuya los costos de mantenimiento de las edificaciones.

Objetivos

La durabilidad del concreto se puede prolongar al implementar aditivos como el grafeno, ya que aumenta la resistencia en los aspectos físicos, mecánicos y químicos, haciendo que la mezcla cementosa soporte las demandas actuales como la exposición a sulfatos y al intemperismo de temperaturas heladas que se pueda presentar en el ámbito de la construcción.

En el presente estudio tiene como objetivo general : Analizar la influencia del grafeno como aditivo en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm², así mismo se desarrollará los objetivos específicos tales como: Analizar la influencia del grafeno en la durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm² expuesto a sulfato mediante el ensayo de exposición a sulfato Analizar la influencia del grafeno en la durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm² expuesto al intemperismo de temperaturas heladas mediante el ensayo de exposición a congelación y deshielo

Hipótesis

En relación con los antecedentes se investigará tomando como resistencia un concreto F'c 210 kg/cm² como concreto patrón la hipótesis general consiste en que: El grafeno influirá de manera favorable en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm², así mismo en la investigación se presenta las hipótesis específicas se considera que la incorporación de grafeno influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm² expuesto a sulfato y que la implementación de grafeno influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm² expuesto al intemperismo de temperaturas heladas.

II. MARCO TEÓRICO

Estudios realizados por Carreón (2016) en su artículo indica que del carbono se consigue el grafeno, donde sus partículas (átomos) se agrupan formando un hexágono laminar de 2 dimensiones. El grafeno tiene como propiedades más relevantes como la flexibilidad, transparencia, resistencia, etc. Sus aplicaciones van desde la medicina, tecnología, construcción y más.

En el ámbito de la construcción Lee, Jeong, Kim y Won (2020) donde estudian la viabilidad, evaluación de la resistencia, sus propiedades mecánicas, porosidad y durabilidad usando como aditivo el óxido de grafeno. Con lo que concluyen que a los 28 días el concreto alcanzo una resistencia a la compresión de 7,60% más alta que una dosificación simple ver figura 1, los poros que se presenta en la estructura son más cerradas menores a 2.00 nanómetros (nm) que en la mezcla de agregados sin el óxido de grafeno en polvo, también indican que el aditivo llena los espacios entre las partículas del cemento más grueso, esto indica que al aumentar su densidad lo hace más impermeable a los líquidos.

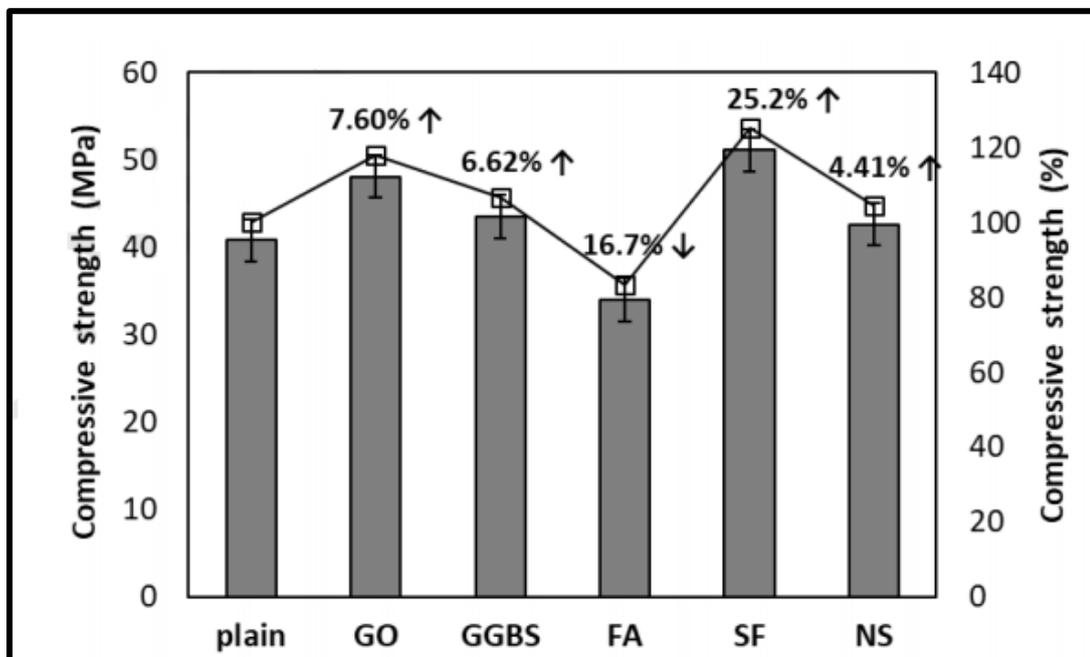


Figura 1. Ensayo a compresión a los 28 días.

Fuente: (Lee y otros, 2020, p. 23).

La investigación de Du, Jacey y Dai (2016) buscan las participaciones del grafeno en el concreto bajo la exposición del cloruro y agua, estos son líquidos más comunes que pueden dañar un concreto a lo largo de su vida útil, deteriorando la durabilidad de este. Los investigadores usaron la prueba de (RCPT) para la rápida penetración de cloruro y para la penetración de agua el ASMT 1202, NTBUILD443 Y BS EN 12390-8. Donde se obtuvieron resultados que a los 14 y 56 días disminuye la penetración de cloruro cuando se le agrega hasta 1.50% de contenido de nanoplaquetas de grafeno; al agregar el 1.50% del aditivo se logra una permeabilidad baja de 3 mm a comparación de un concreto simple que tiene una penetración de agua de 15 mm.

Yuan [et al.] (2019) en su investigación buscan la efectividad y los mecanismos que aporta el concreto con el óxido de grafeno sobre la impermeabilidad, también relata que el cemento portland es usado más con el contacto con líquidos, que pueden dañar su durabilidad donde la permeabilidad juega un gran rol. El estudio consta en comparar un concreto patrón con una muestra que contenga nanotubos de óxido de grafeno con diferentes relaciones de agua y cemento. Obtuvieron como resultado que al agregar óxido de grafeno / MWCNT aumenta la impermeabilidad del concreto, en 13.9% a 63.6%, esto puede variar según la relación a/c, también que la organización de los poros y la impermeabilidad se optimizan a causa de la reacción de hidratación, además sugiere la influencia de la distribución tipo red que existe con la adición de GO / MWCNTs.

Tanvir y Daman (2019) indican que se realizó un estudio comparativo entre el óxido de grafeno y el óxido de grafeno reducido, donde se emplea el 0.02%, 0.04% y 0.06 % de grafeno con respecto al peso del cemento, se analiza la trabajabilidad, propiedades mecánicas y la permeabilidad; se realizara los ensayos a los 7 y 28 días donde las probetas alcancen su resistencia mínima y máxima. Dieron como los resultados a los 7 y 28 días que alcanzaron una resistencia 10% y 15% el GO y rGO en 0.06% de su peso del concreto; en el rendimiento de permeabilidad de agua que se realizó a los 28 días su capacidad de absorción disminuyo del GO y rGO demostrando que son más durables los compuestos realizados con grafeno, al usar

el 0.06% de grafeno con respecto al peso del cemento se produjo un decrecimiento de 24.8% y 4.7% con relación a la muestra básica.

Los agentes químicos también dañan al concreto como indica en su artículo de Boumehraz y Mellas (2016) mencionan que la explosión de un concreto común a sulfatos que se encuentra en el alcantarillado dañan la composición química y mecánica del compuesto cementoso. Las distintas uniones de aguas residuales a las tuberías de alcantarillado son concentradas por el sulfato de magnesio ($MgSO_4$) y también por el sulfato de sodio (Na_2SO_4). El sulfuro de hidrógeno gaseoso (H_2S) que se localiza en la parte superior de las tuberías, estas al entrar en contacto con el oxígeno de aire y posteriormente se descompone como azufre por bacterias aerobias, una mínima proporción de 2% a 6% de oxígeno (O_2) puede causar corrosión del refuerzo de acero y del concreto haciendo que estos gases sean más dañinos al concreto. Los ensayos que realizaron a un concreto resistente a la corrosión (SRC) resultaron que disminuye la penetración de sulfatos líquidos y que baja su resistencia mecánica en 3% luego de ser expuestos 1 año; mientras que los gases que se alojan en la parte superior de las tuberías degradan más rápido la durabilidad del concreto que siendo expuestas un año bajan 40% de su resistencia a la compresión.

El estudio de Shamsaei (2018) Hacen mención que las nanohojas de grafeno mejoran la resistencia, durabilidad y anticorrosión. Su revisión dio resultados que al agregar el grafeno en un 0.03% fue de 13.5% de disminución de su porosidad reduciendo la permeabilidad al agua; también indica la resistencia a la congelación también es aumentado al agregar al concreto nanohojas de grafeno donde Mohammed y sus colaboradores observaron que al agregar 0.06% de óxido de grafeno respecto al peso del concreto presenta una disminución del peso en 0.25% después de 540 ciclos de congelación – deshielo, estos presentaron menos daño en la estructura donde aumentaron los nanoporos que crean cavidades para la liberación de presión osmótica, lo que ocasiona que menoren las micro grietas y bajen el daño por heladas.

DEVI, Sc y Khan (2020) Indican que el óxido de grafeno (GO) es procedente del grafeno que se obtiene mediante procesos de temperatura y la solución con químicos, el material nanotecnológico que se emplea para optimizar las propiedades mecánicas y de durabilidad. Las proporciones que se utilizaron en esta investigación son de 0.02%, 0.04%, 0.06% y 0.08% con respecto al peso del cemento a emplear, el ensayo a resistencia a los 28 días dio como resultados un aumento de 12.9%, 12.9%, 19,36% y 25.80% indicando que mientras más grafeno se añade en la mezcla cementosa más resistencia adquiere el producto final.

La incrementación porcentual a la resistencia a la compresión del concreto, indicando que cuanto más grafeno con respecto al peso del cemento se le agregue a la mezcla cementosa aumentaran sus propiedades mecánicas como se puede apreciar en la figura 2.

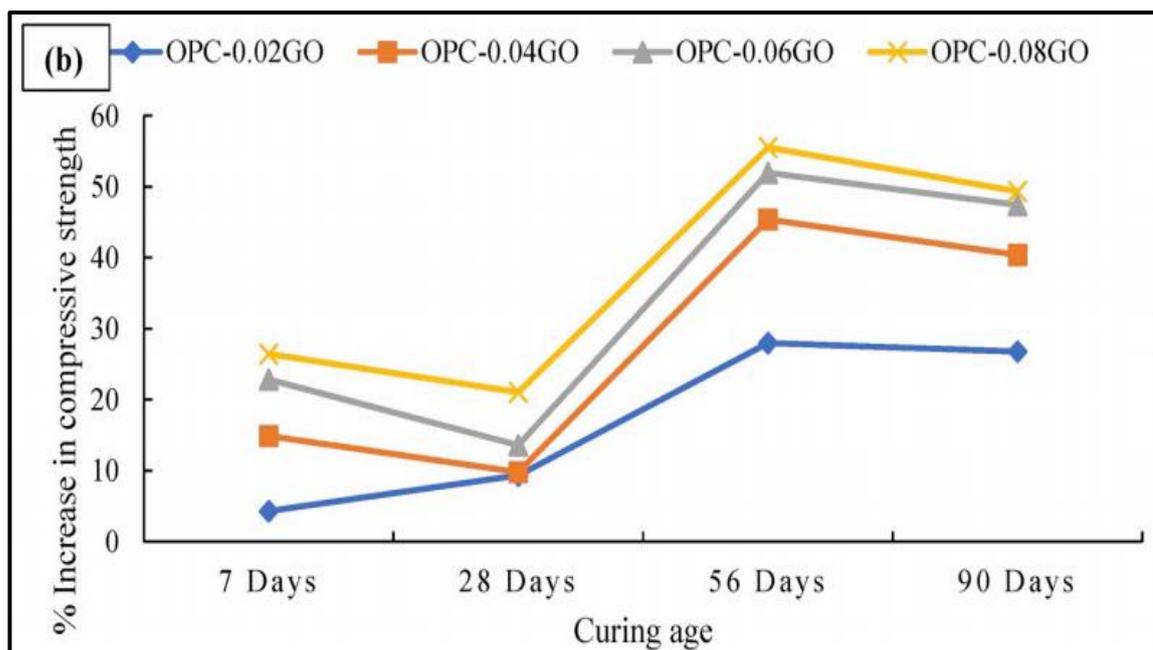


Figura 2: aumento porcentual en la resistencia a la compresión (%) a diferentes edades de curado de 7, 28, 56 y 90 días.

Fuente: (DEVI, Sc, Khan, 2020, p. 25).

Para tener un mayor conocimiento del estudio realiza a nivel nacional sobre el grafeno se recurrieron a los antecedentes nacionales como es la investigación de

CHACON, Michael (2018) mencionan que expondrán a la corrosión por sulfatos a las probetas de concreto con relación a/c de 0.6, 0.50 y 0.55 a distintas cantidades de sulfato. El sulfato de magnesio ($MgSO_4$) al entrar en contacto en el concreto y agua provoca una alteración química que deteriora por el cambio iónico, Este genera una apariencia blanquecina y agrietamiento gradual que disminuye al concreto a un estado frágil y desmoronándose. Se sometieron las probetas a inmersión a niveles de sulfato de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit con distintas relaciones a/c que posteriormente se sometieron al ensayo por pérdida de peso y el ensayo de resistencia a la compresión. Concluyendo que las consecuencias de corrosión de las sales de sulfato de magnesio sobre el concreto, debilitan exponencialmente la resistencia del concreto y que el concreto no solo se debe diseñar por resistencia, también por durabilidad para que la edificación desempeñe su vida útil.

Barta, David (2018) menciona que es necesario aumentar la resistencia de un concreto con la finalidad de hacer construcciones más eficientes a las exigencias actuales, con lo cual esta tesis tiene como objetivo la manera de cómo influirá el grafeno en la parte física, mecánica del hormigón, también como este aditivo se comporta en la trabajabilidad y en qué porcentaje se lograría una mezcla optima con el grafeno. En el ensayo con 1.00% de grafeno en los días 7, 14 y 28 se obtuvieron los siguientes resultados 91.34%, 108.64% 114.32%, con 1.50% de grafeno en los días 7, 14 y 28 se obtuvieron los resultados de 91.16%, 109.37% y 114.86% y por último con 2.00% de grafeno en los días 7, 14 y 28 días se obtuvieron los resultados de 91.39%, 110.14% y 121.10%. En dichos ensayos se observó el incremento a los 7, 14 y 28 días todo esto debido a que se adiciono el 1.00, 1.50 y 2.00% del peso del cemento. en relación a su concreto modelo y además aumenta su trabajabilidad en 2.8%. Recomendando que se tome mejores consideraciones con los agregados de cantera, tener un ambiente en condiciones óptimas para los ensayos y que los equipos de laboratorio estén calibrados.

Luego de tener los resultados de los antecedentes con los distintos porcentajes de grafeno se realizo un resumen de los % de grafeno que utilizaron los diversos autores como se presenta en la tabla 1 y figura 3.

Tabla 1: Cuadro de resultados con % utilizados de grafeno.

| TÍTULO | FECHA | % grafeno | C. Patrón | % incrementado |
|---|------------|-----------|-----------|----------------|
| Óxido de grafeno como aditivo para mejorar la resistencia de los compuestos cementosos. | 28/02/2020 | 0.025 | 40 | 7.6 |
| Impacto del óxido de grafeno y el óxido de grafeno altamente reducido en compuestos a base de cemento (GO) | 27/01/2019 | 0.02 | 54 | 10.2 |
| | | 0.04 | 54 | 10.6 |
| | | 0.06 | 54 | 13.3 |
| Impacto del óxido de grafeno y el óxido de grafeno altamente reducido en compuestos a base de cemento (RGO) | 27/01/2019 | 0.02 | 54 | 7.8 |
| | | 0.04 | 54 | 9.6 |
| | | 0.06 | 54 | 14.9 |
| Efecto del óxido de grafeno sobre el rendimiento mecánico y de durabilidad del hormigón. | 17/10/2019 | 0.02 | 31 | 12.9 |
| | | 0.04 | 31 | 12.9 |
| | | 0.06 | 31 | 19.36 |
| | | 0.08 | 31 | 25.8 |

Fuente: Elaboración propia.

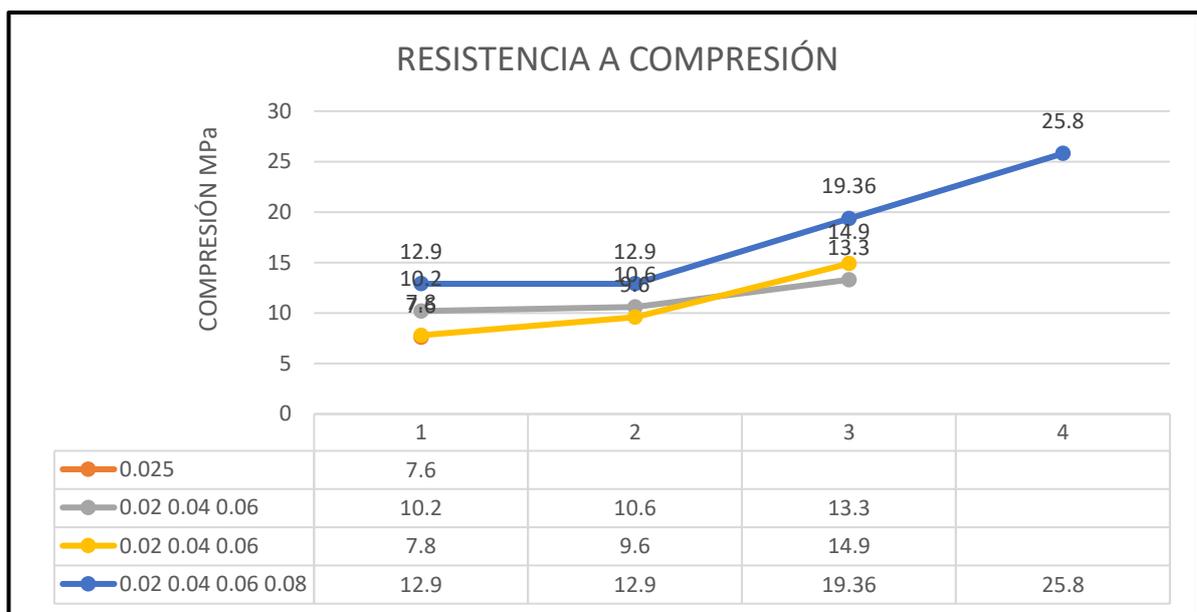


Figura:3. Cuadro de resultados con % utilizados de grafeno.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la tabla 2 de resúmenes de los diversos antecedentes, los cuales aportaron conocimientos para llevar a cabo la presente investigación.

TABLA 2: Resumen de los antecedentes internacionales y nacionales.

| TÍTULO | AUTOR (ES) | FECHA | CONCLUSIONES |
|--|---|--------------------------|--|
| El grafeno como material Revolucionario | Ulises Alejandro Carreón Ante | Marzo del 2017 | El avance de nuevas tecnologías como son los nanomateriales, nos da un panorama de eficiencia de estos materiales aplicados a las distintas áreas de aplicación del mercado industrial. |
| Óxido de grafeno como aditivo para mejorar la resistencia de los compuestos cementosos. | Su-Jin Lee, Seong-Hoon Jeong, Dong-Uk Kim, Jong-Pil Won | 28 de febrero de 2020 | A los 28 días el hormigón alcanza una resistencia a la compresión de 10.60% más alta que una dosificación simple, los poros que se presenta en la estructura son más cerradas menores a 2.00 nanómetros (nm) que en la mezcla de agregados sin el óxido de grafeno en polvo |
| Mejora en la resistencia del concreto contra el ingreso de agua y cloruro mediante la adición de nanoplaquetas de grafeno | Hongjian Du, Hongchen Jacey Gao, Sze Dai Pang | 9 de febrero de 2016 | La exposición del cloruro y al agua pueden dañar al concreto, deterioran la durabilidad de este. La prueba de (RCPT) rápida penetración de cloruro y para la penetración de agua (ASMT 1202), NTBUILD443 Y BS EN 12390-8. A los 14 y 56 días disminuye la penetración de cloruro al agregarse 1.50% de nanoplaquetas de grafeno; se logra una permeabilidad baja de 3 mm a comparación de un concreto simple que penetra el agua hasta los 15 mm. |
| Impermeabilidad reforzada de compuestos cementosos que utilizan híbridos de nanotubos de óxido de grafeno y carbono bajo diferentes relaciones de agua a cemento | Yuan Gao, Hongwen Jing ↑, Zefu Zhou, Weiqiang Chen, Mingrui Du, Yue Du | 22 de junio de 2019 | Obtuvieron como resultado que al agregar oxido de grafeno / MWCNT aumenta la impermeabilidad del concreto, en 13.9% a 63.6%, esto puede variar según la relación a/c, también que la organización de los poros y la impermeabilidad se optimizan a causa de la reacción de hidratación |
| Impacto del óxido de grafeno y el óxido de grafeno altamente reducido en compuestos a base de cemento | Tanvir S. Qureshi, Daman K. Panesar | 27 de enero de 2019 | los 7 y 28 días alcanzaron una resistencia 10% y 15% el GO y rGO en 0.06% de su peso del concreto, permeabilidad de agua que se realizó a los 28 días su capacidad de absorción disminuyo, al usar el 0.06% de grafeno se produjo una disminución de 24.8% y 4.7% con relación a la muestra básica |
| Durabilidad del hormigón bajo la influencia de los sulfatos ataque en la región de Ouargla - Argelia | Mohammed-Amin BOUMEHRAZ y Mekki MELLAS | 16 de noviembre del 2016 | El sulfato de sodio (Na ₂ SO ₄), sulfato de magnesio (MgSO ₄) y el sulfuro de hidrógeno gaseoso (H ₂ S) que se localiza en la parte superior de las tuberías de alcantarillado, una mínima proporción de 2% - 6% de oxígeno (O ₂) puede causar oxidación del acero de refuerzo y del concreto. Los ensayos de resistente a la corrosión (SRC) dieron que baja su resistencia mecánica en 3% luego de ser expuestos 1 año; los gases degradan más rápido la durabilidad del concreto que siendo expuestas un año bajan 40% de su resistencia a la compresión. |
| Nanosheets a base de grafeno para hormigón más resistente y duradero: una revisión | Ezzatollah Shamsaei, Felipe Basquioto de Souza, Xupei Yao, Emad Benhelal, Abozar Akbari y Wenhui Duan | 25 de junio de 2018 | Al agregar el grafeno en un 0.03% fue de 13.5% disminución de porosidad, al agregar 0.06% de óxido de grafeno del peso del concreto presenta una disminución del peso en 0.25% después de 540 ciclos de congelación – deshielo, estos presentaron menos daño en la estructura donde aumentaron los nanoporos que crean cavidades para la liberación de presión osmótica |
| Efecto del óxido de grafeno sobre el rendimiento mecánico y de durabilidad del hormigón. | DEVI, Sc, Khan, Ra. | 17 de octubre de 2019 | Al agregar oxido de grafeno con porcentajes de 0.02%, 0.04%, 0.06% y 0.08% en peso del cemento a emplear, el ensayo a resistencia a los 28 días dio como resultados un aumento de 12.9%, 12.9%, 19,36% y 25.80% indicando que mientras más grafeno se añade en la mezcla cementosa más resistencia adquiere el producto final. |

| | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|--|
| Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de los sulfatos utilizando cemento Quisqueya tipo I – Lima 2018 | Michael Jhonatan Chacón Quillay | 14 de diciembre del 2018 | a la corrosión de sulfatos las probetas de concreto con relación a/c de 0.6, 0.50 y 0.55 a distintas cantidades de sulfato de magnesio (MgSO ₄) de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50 000 mg/lit, provoca una reacción química que deteriora por el cambio iónico, Este genera una apariencia blanquecina y agrietamiento gradual al concreto. |
| Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto F'C 210 kg/cm ² Tarapoto, 2018 | David Enrique Bartra Chujutally | 29 de noviembre del 2019 | En el ensayo con 1.00% de grafeno en los días 7, 14 y 28 se obtuvieron los siguientes resultados 91.34%, 108.64% 114.32%, con 1.50% de grafeno en los días 7, 14 y 28 se obtuvieron los resultados de 91.16%, 109.37% y 114.86% kg/cm ² y por último con 2.00% de grafeno en los días 7, 14 y 28 días se obtuvieron los resultados de 91.39%, 110.14% y 121.10% |

Fuente: Elaboración propia.

Grafeno y sus propiedades

El nano material está revolucionando esta era tecnológica, se puede apreciar una variada cantidad de campos de la ciencia que están adoptando estos nuevos compuestos para diferentes tipos de funciones. La implementación de nuevas tecnologías ha permitido el estudio más a fondo de mayor cantidad de compuestos. De esta manera se puede observar la utilización de nuevas formas de obtención de materiales a niveles manométricos.

La mayor atención se está centrando en la formación de grafeno a través de procesos experimentales como las de agitación de grafito a altas velocidades, pudiendo así desprender partículas muy pequeñas que están conformadas por capas.

La composición y forma de los nano-materiales puede ser dependiendo de los procesos empleados. Los alótopos de carbono están dispuestos de la siguiente manera, ver figura 4.

- Tridimensionales: Diamantes, Grafito.
- Bidimensionales: Grafeno.
- Monodimensionales: Nanotubos.
- Cero dimensionales: Fulleranos

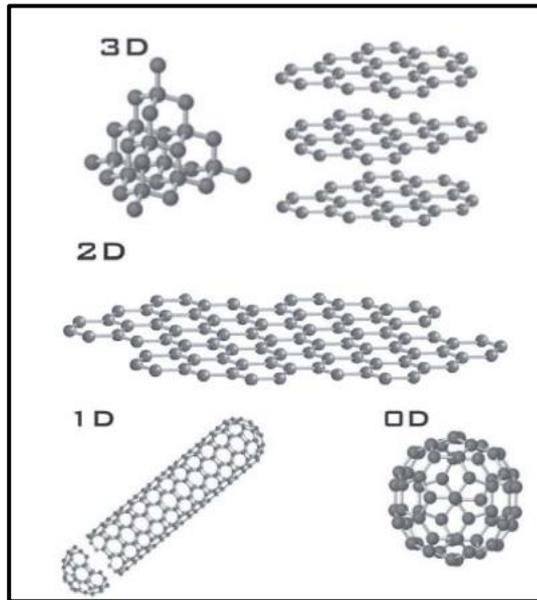


Figura 4: Formas alotrópicas del carbono. Diamante y grafito (3D); grafeno (2D); nanotubos (1D); Fulleranos (0D).

Fuente: (Rodríguez y Vasilievna, 2008, p. 18).

Para poder caracterizar un material se requiere considerar ciertas propiedades fisicoquímicas. A partir de esas tenemos la dimensionalidad, la cualidad microscópica, la conductividad eléctrica, la continuidad macroscópica y la estabilidad termodinámica, mencionando los más relevantes. Para ello el grafeno tiene que entrar en una fase de estudios agudos para poder saber el nivel en la que estas propiedades están presentes. (Rodríguez y Vasilievna, 2008, p. 20).

El grafeno es una forma alotrópica descubierta oficialmente en el 2004. Andre Geim y Konstantin Novoselov para realizar su doctorado de la Universidad de Manchester fueron los primeros en obtener los iniciales especímenes de grafeno a partir de grafito y mediante un transcurso de exfoliación mecánica, ver figura 5.

El grafeno se la ha determinado como el alótropo 2D del carbono, ya que es una capa grafénica del grafito, que posee todos los átomos en un mismo plano. El grafeno puro consiste en capas grafémicas separadas lo suficiente una de otras y que estas no tengan interrelación entre ellas. Estas capas aisladas de grafeno tienen propiedades magníficas. (Moliner, 2016, p.4).

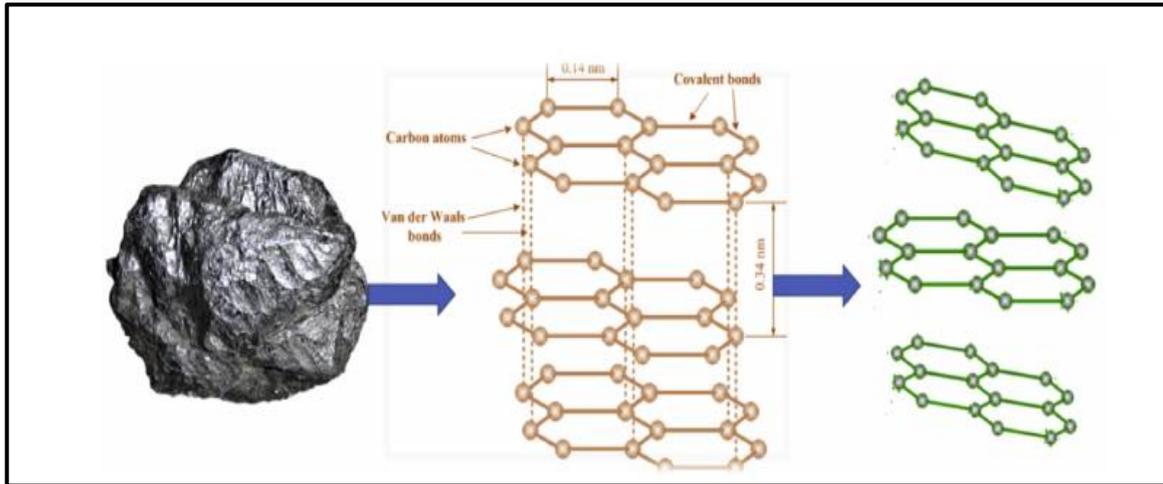


Figura 5: Representaciones esquemáticas sobre el origen (que presenta la transformación) del grafeno a partir del grafito y la estructura peculiar del grafito y el grafeno (Santosh K., Tiwari, y otros. 2020 P.12)

El grafeno es considerado parte de la familia de los alótopos de carbono, los átomos de este material tienen un patrón hexagonal similar al del grafito. Es considerado el único material que se constituye por una sola capa de átomo y es el objeto más bidimensional en la actualidad.

Estas son unas de las propiedades que posee:

- Dureza
- Impermeabilidad
- Flexible
- Conducción eléctrica eficiente
- Transparencia

La espectroscopía de escaneo Raman se realizó en áreas representativas de $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ y se usó para estudiar el número de capas y la naturaleza de los defectos en la película continua. (Dimov, y otros, 2018, p. 3). Ver figura 6.

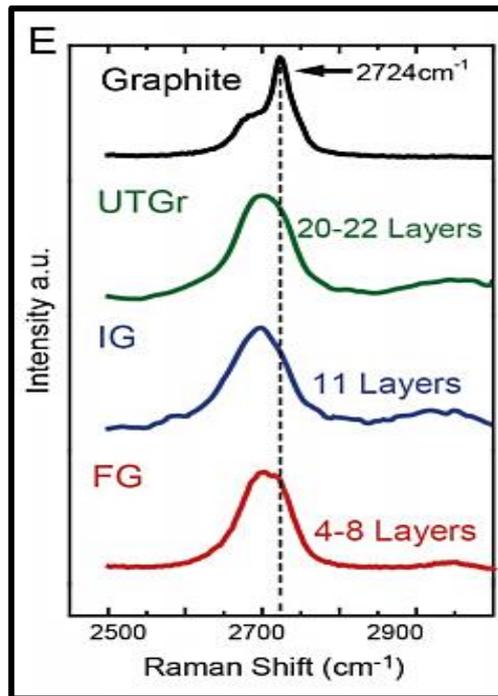


Figura 6: Comparación de la 2D con posición máxima de grafito y diferentes espesores de escamas de grafeno.

Fuente:(Dimov y otros, 2018, p. 3).

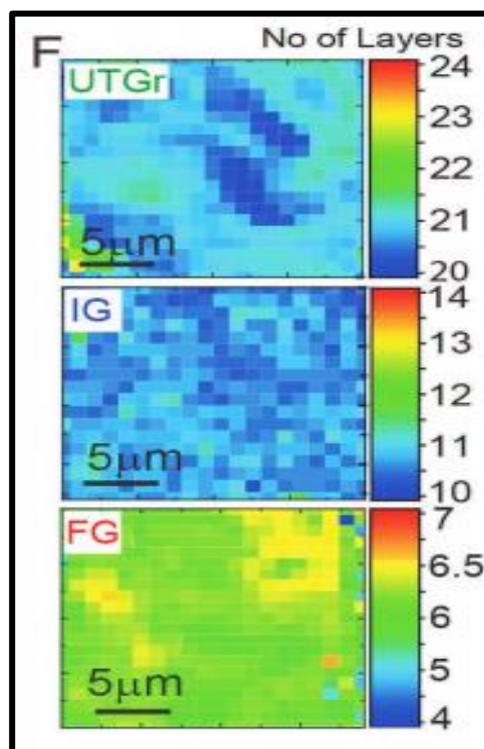


Figura 7: Mapa Raman del número de capas a través de la película continua.

Fuente: (Dimov, y otros, 2018, p. 3).

| | | |
|----------|---|------------------|
| Graphite | : Grafito | : 2724 cm^{-1} |
| UTGr | : Grafito ultra fino | : 20 – 22 Capas |
| IG | : Grafeno de grado industrial | : 11 capas |
| FG | : Grafeno funcionalizado con tensioactivo | : 4-8 capas |

El número de capas en el grafeno puede ser representado como su pureza, debido a que las láminas estarán más separadas unas de otra, formando nano partículas. Esto puede que ayude a la adherencia a materiales en los cuales se requiera que las plaquetas de grafeno interactúan directamente con las de otro componente. Para poder medir la densidad del grafeno se utiliza un medidor de densidad vibratoria. La densidad aparente del material está en rangos de 0.06 y 0.09 g/cm³ y su densidad compactada ronda los 0.10 y 0.15 g/cm³. (Xfnano Materials Tech, 2018, párr. 1). En la figura 8 se puede observar las diferentes formas que tiene el grafeno.

Al tener el valor de la densidad del grafeno 0.09 g/cm³ se puede obtener el peso específico del grafeno al aplicar la siguiente formula donde P es la densidad Pe es el peso específico y g es la aceleración de la gravedad.

$$\rho = \frac{Pe}{g} \rightarrow Pe = \rho \times g \rightarrow Pe = 0.09 \text{ g/cm}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 0.089 \text{ g/cm}^3$$

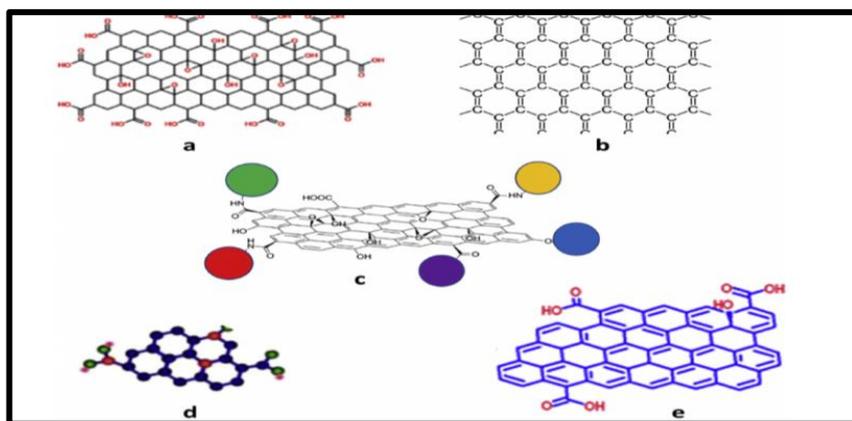


Figura 8: Diferentes formas de grafeno: (a) óxido de grafeno (b) grafeno prístino (c) grafeno funcionalizado (d) punto cuántico de grafeno, y (e) óxido de grafeno reducido.

Fuente: (Santosh K., Tiwari, y otros. 2020 P.12).

El grafeno y sus aplicaciones en el concreto.

Está compuesto por agregado grueso y agregados finos, aguas, cementos y algún aditivo si son necesarios. Para la obtención de un apropiado hormigón no solo es primordial los insumos de calidad que este combinado adecuadamente, también es de vital importancia verificar las condiciones en que los materiales que componen la mezcla interactúen adecuadamente, mano de obra calificada, la maquinaria adecuada, temperatura, etc. El concreto es responsable de resistir las cargas a compresión y además de proteger el armado de acero que va en su interior para evitar que este sea atacado por agentes externos, por eso es muy importante el concreto.

Cada uno de los compuestos que conforman el cemento, agregan una particularidad para que este aglomerado una los distintos agregados que conforma el concreto, como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3: Compuestos primordiales del cemento.

| | |
|---|---|
| Cal (CaO) | Constituye 61% a 67% del cemento. Sirve para controlar los tiempos de fraguado. |
| Sílice (SiO ₂) | Constituye 17% a 25% del cemento. Es resistente a insoluble en agua. |
| Alúmina (Al ₂ O ₃) | Constituye 4% a 8% en el cemento. Un alto contenido de alúmina y bajo de sílice, produce un cemento de fraguado rápido y también de alta resistencia. |
| Oxido Férrico (Fe ₂ O ₃) | Constituye 0.5% a 5% y actúa en la misma forma que la alúmina. |

Fuente: ANOZEN

Según Mohammed, Sanjayan, Nazan y Al-Saadi (2019) menciona que el óxido de grafeno al incluirse en la mezcla cementosa como aditivo mejora sus capacidades de resistencia a compresión, se indica que esta unión de materiales forma hidratos de cemento (el cemento se convierte en un compuesto aglomerante debido a los

procesos químicos que van a conformar nuevos agregados, que forjan propiedades mecánicas).

Gong y col. (2014), Babak y col. (2014), Chuah y col. (2014) y Sedaghat y col. (2014) Los siguientes investigadores estudiaron los efectos de la incorporación de GO en la resistencia a la compresión del concreto y lograron un aumento de más del 40% en los valores de resistencia en sus estudios. Todos estos tres grupos mencionan que la razón principal para aumentar la resistencia es la formación de hidratos de cemento y geles de refuerzo. Gong y col. (2014), Babak y col. (2014), Chuah y col. (2014) mencionan que el aumento en la fuerza también está relacionado con la re fi Nemento de la estructura de los poros. Sedaghat y col. (2014) También enfatice que la adhesión entre las nanohojas GO y la pasta de cemento causa este aumento en la resistencia. El motivo presentado por Sedaghat y col. (2014) es reclamado por Duan y col. (2018) también. (Mohammed, Sanjayan, Nazan y Al-Saadi, 2019. p. 71)

Las primordiales componentes son materiales Calcáreos que son materia que tienen el porcentaje apropiado carbonato cálcico y está conformado entre 60% y 80% y no tienen más de 1.5% de magnesia también está compuesto por arcilla que abarca entre 60% y 70% de dióxido de silicio de aluminio, se extrae de la piedra pizarra, minerales de fierro componentes que se hallan en la arcilla y por último el yeso que ofrece el sulfato de calcio y cuando se añade al Clinker para poder fortificar el fraguado, que sin esto el cemento se fraguaría muy rápido debido a la hidratación rápida del aluminio y el ferro aluminato tetra cálcico.

El grafeno es compuesto por 6 átomos de carbono y 6 átomos de hidrogeno (C_6H_6) como se aprecia en la figura 9, conforma patrones hexagonales el cual al unirse 111 átomos de carbono y 111 átomos de hidrogeno, forman una micro malla de 222 átomos con una dimensión de 37 x 6 hexágonos de grafeno ver figura 9.

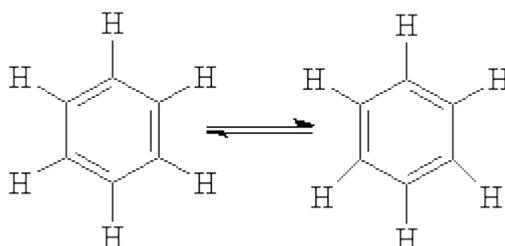


Figura 9: Composición química del grafeno.

Fuente: <http://www.angelfire.com/al2/carlos3/formulasarenos.htm>

Según Mohammed y colaboradores indican que los átomos que componen la estructura de red hexagonal del grafeno son en 2D, se conceptúa que los distintos materiales de grafito tienen una composición de grafeno. En estos últimos años se pudo modificar el tamaño, forma y capas de las láminas del grafeno para obtener un óptimo desempeño en las distintas áreas de aplicación como son en nanotubos de carbono con características de semi - conducción. (2019)

Durabilidad del concreto incorporando grafeno

Los sulfatos dañan a la durabilidad del concreto con lo cual la incorporación de grafeno al concreto hace que este material de construcción mejore sus propiedades mecánicas evitando las grietas y los micros agrietamientos al perder volumen en el tiempo de fraguado, también resiste mejor los esfuerzos a flexión por su elasticidad y dureza.

Las láminas de GO contiene grupos ácidos carboxílico que pueden reaccionar con C-S-H o $\text{Ca}(\text{OH})_2$. La interfaz puede formar un fuerte enlace covalente en la interfaz entre el GO y la matriz, y por lo tanto aumenta la eficiencia de transferencia de carga de la matriz de cemento a las chapas GO. Como resultado, se mejoran las propiedades mecánicas del material compuesto. (PAZ, Irene. 2020, p. 17)

Según el RNE capítulo 03 de la norma E-060, se especifica los requerimientos de durabilidad del concreto expuesto a sulfatos. Por su naturaleza los sulfatos se encuentran en los suelos y subsuelos, estas sustancias generan filtraciones en el hormigón; también es necesario conocer las características del concreto, de tal manera que se pueda mitigar el deterioro progresivo de la mezcla cementosa sometido a solución de sulfato. Los requerimientos para el concreto sometido a sulfatos se reflejan en la Tabla 4.

Tabla 4: Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos.

| Exposición a sulfatos | Sulfato soluble en agua (SO ₄) presente en el suelo, porcentaje en peso | Sulfato (SO ₄) en el agua, ppm | Tipo de Cemento | Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal* | f _c mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero* |
|-----------------------|---|--|---|---|---|
| Insignificante | $0,0 \leq SO_4 < 0,1$ | $0 \leq SO_4 < 150$ | — | — | — |
| Moderada** | $0,1 \leq SO_4 < 0,2$ | $150 \leq SO_4 < 1500$ | II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS) | 0,50 | 28 |
| Severa | $0,2 \leq SO_4 < 2,0$ | $1500 \leq SO_4 < 10000$ | V | 0,45 | 31 |
| Muy severa | $2,0 < SO_4$ | $10000 < SO_4$ | Tipo V más puzolana** | 0,45 | 31 |

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-060 (2009, p.38).

El hormigón puede contener sulfatos de sodio, potasio, calcio o magnesio, esto ocurre por naturaleza en el suelo y el contenido de estas sustancias en aguas subterráneas y agregados. Existen dos reacciones químicas que están comprometidas en la agresión de sulfatos en el concreto. Estas causas manifiestan un aumento notorio en el volumen de sólidos, produciendo el crecimiento progresivo y la desintegración de los concretos expuestos a sulfatos. (Reglamento Nacional de Edificaciones. 2009, p.38).

El grafeno está compuesto principalmente por carbono que evita su desgaste ante ataques por agentes químicos, evitando que los agentes externos de corrosión dañen un hormigón armado.

El grafeno y las nanohojas basadas en grafeno (GNS) poseen propiedades mecánicas, químicas, térmicas y eléctricas extraordinarias, lo que permite aplicaciones atractivas, que van desde la mejora de la resistencia estructural / durabilidad, anticorrosión, hasta superficies autolimpiantes y ahorro de energía. Investigaciones extensas recientes demuestran que GNS también tiene la capacidad de transformar materiales de construcción convencionales en compuestos avanzados más inteligentes, fuertes y duraderos. (Shamsaei, 2018, p.1)

Para el ensayo de exposición a sulfato se realizó un diagrama de flujo para ver los procesos del ensayo como se puede apreciar en la figura 10.

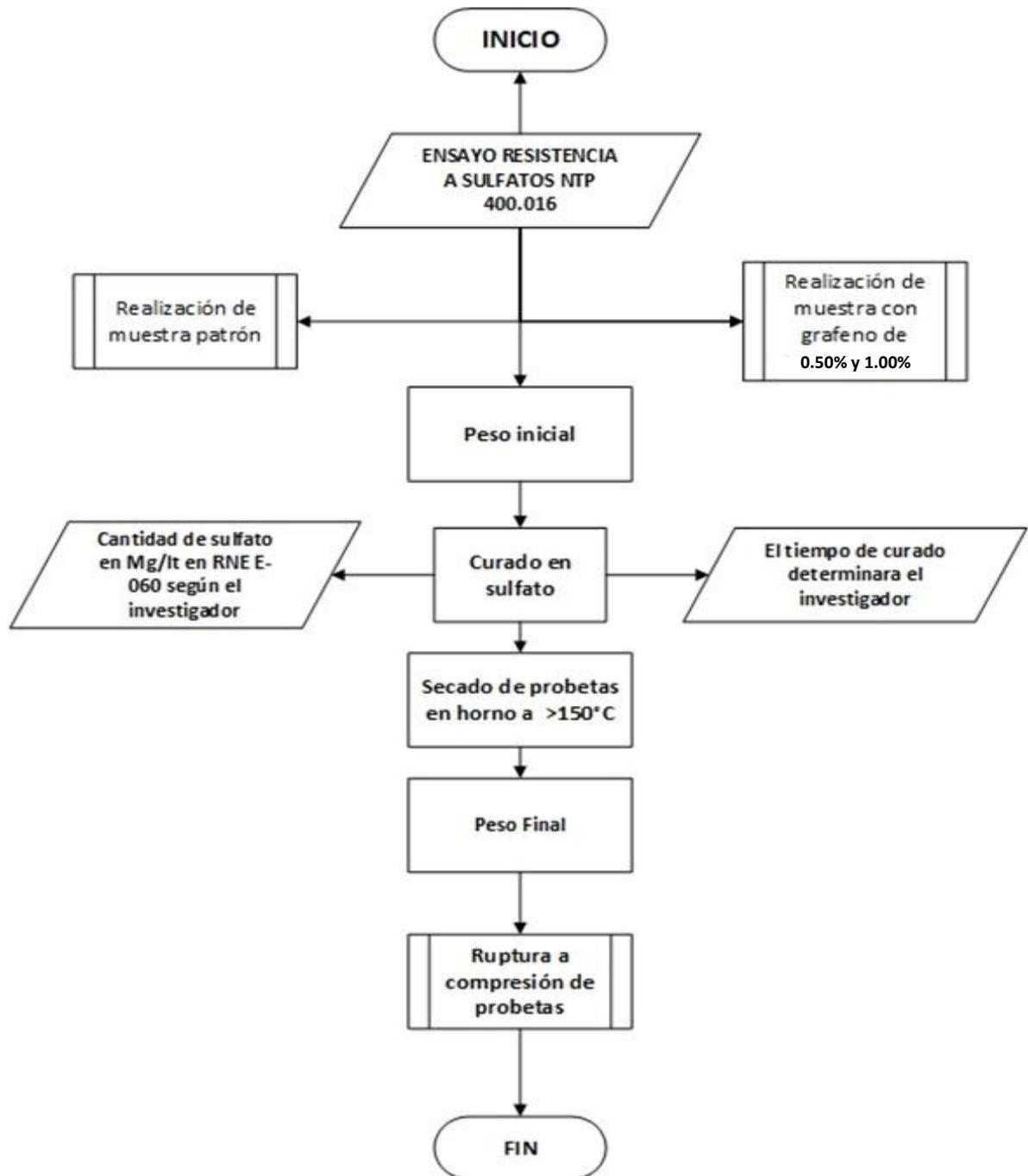


Figura 10: Diagrama de flujo del ensayo del NTP 400.016.
Fuente: Elaboración propia.

El ensayo ASTM C666 tiene una modalidad de experimentar la resistencia del concreto mediante los ciclos de congelación y deshielo que comprenden entre 4°C y -25°C que es durante 2 y 6 horas a más, hay dos formas de realizar el ensayo A y B. En el primer proceso de congelación de las probetas hace un curado en el agua que posteriormente se congelara con aire, pero el descongelamiento en ambos casos se realiza a > 40° C. El proceso A tiene un límite máximo de tiempo de descongelación en 25% del tiempo general, en el proceso B se restringe en 20%. La muestra se prueba hasta los < 550 ciclos de congelación o también que el módulo de elasticidad disminuye al 60% de su valor inicial. Los resultados que nos brindaran este ensayo al concreto propuesto para la inclemencia de climas helados es satisfactorio para resistir estas temperaturas. (López y Mamani. p. 88)

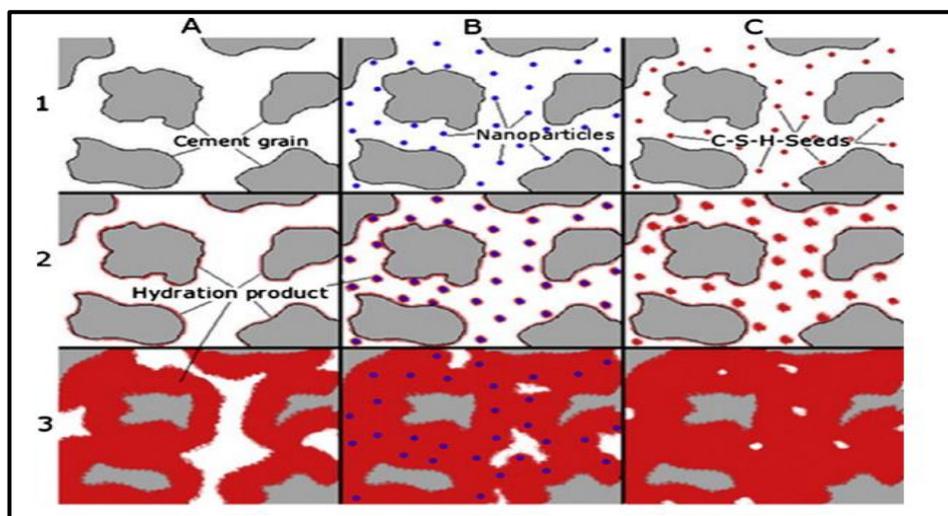


Figura 11: Efecto de los agentes de consolidación en el refinamiento de poros (A) cemento puro, (B) cemento con nanopartículas y (C) cemento con aditivos puzolánicos.

Fuente: Ebrahimi y Otros. 2018. 5

Las nanopartículas como nano-alúmina, nano sílice y grafeno, son beneficiosas aun en pequeñas dosis al utilizarlo como aditivo, Con lo cual el grafeno sobresale ante estos por sus características únicas. En climas helados este nanomaterial como el grafeno es capaz de soportar temperaturas más severas dando resultados prometedores al resistir la intemperie helada, también impermeabiliza llenando los espacios vacíos de una mezcla cementosa.

“Un ciclo hielo-deshielo es un fenómeno cíclico de congelamiento y descongelamiento del agua contenida en los poros del concreto endurecido en períodos de tiempo determinados (Páez, Leal y Restrepo. 2009, p. 98)

Para el ensayo de exposición a congelación y deshielo se realizó un diagrama de flujo para ver los procesos del ensayo como se puede apreciar en la figura 12.

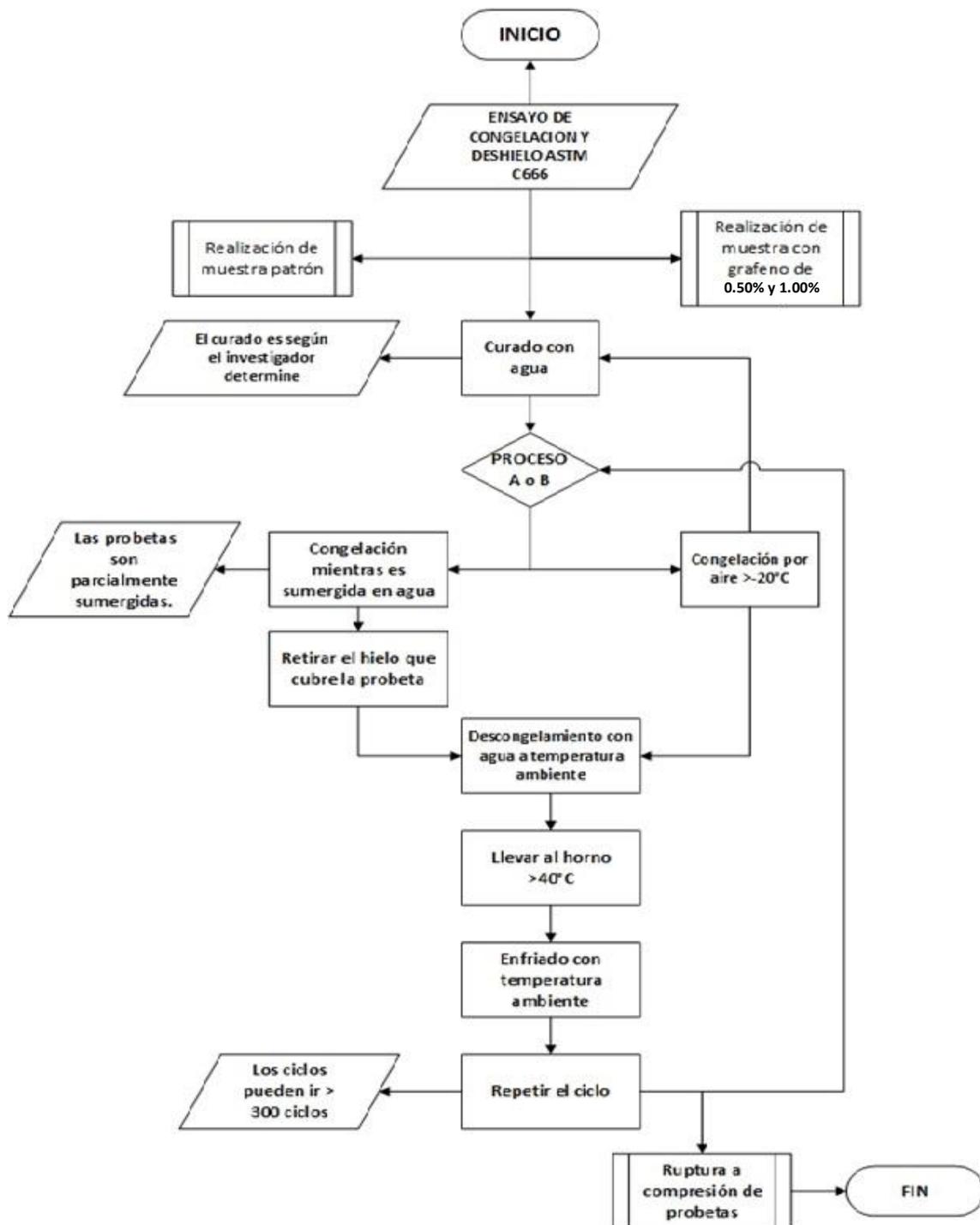


Figura 12: Diagrama de flujo del ensayo del ASTM-C666.

Fuente: Elaboración propia.

La resistencia a la compresión del concreto puede variar dependiendo de factores como los tipos de agregados, tiempo de curado, la relación agua-cemento, entre otros factores. En el Perú se realizan probetas de una geometría cilíndrica que tienen como dimensiones (15 cm x 30 cm). (Curbelo, 2015, p. 37).

“Una ventaja de estos materiales de tamaño nanométrico es cuando se usan como aditivos, pueden densificar la microestructura de la pasta de cemento para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.” (Qiong, Quingfeng, Qiang, Rundong y Teng, 2016, p. 1)

Según Bartra (2019) menciona en su investigación que realizó con tres distintas proporciones de grafeno al 1.00%, 1.50% y 2.00% del peso general del cemento, esto dio efecto que el grafeno acrecienta la resistencia de la mezcla cementosa con relación al concreto patrón, mientras más es el porcentaje de grafeno mayor es la resistencia adquirida por el concreto y que también este producto nanotecnológico menora el tiempo de alcanzar su resistencia y acelerando el fraguado a un prematuro período.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación del tipo pre - experimental, se tienen condiciones donde la cantidad de muestras son menores a las requeridas para un trabajo experimental, se parte de investigaciones previas, generalmente el diseño pre - experimental resulta favorable para iniciar acercamiento al problema de investigación en la realidad. Se pretende manipular la variable independiente que es el grafeno en la variable dependiente que es el concreto $F'c$ 210 kg/cm² y así incrementar sus propiedades de durabilidad.

Tipo de investigación

Es de tipo aplicada, su finalidad es verificar, conocer y realizar un cambio que afecte de manera positiva a una problemática. Se enfoca en la solución de esa problemática.

“Los proyectos de ingeniería civil están ubicados dentro de este tipo de clasificación, siempre y cuando solucionen alguna problemática”. (Borja, 2012, p.10).

Enfoque de investigación.

Es una investigación cuantitativa, se piensa validar la hipótesis y para eso nos basaremos en pruebas y ensayos, las cuales podremos analizar una vez recabados los datos pertinentes y procesarlos.

Una forma confiable para conocer la realidad es a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar las preguntas de la investigación y probar las hipótesis. (Borja, 2012, p.11).

Nivel de Investigación

La investigación es explicativa mediante esta podemos conocer el porqué de la realidad y cuáles son sus características propiedades, etc.

Según Borja (2012). “Van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre variables. Buscan las causas que originan ciertos fenómenos físicos o sociales. [...] explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este” (p.14)

Variables y Operacionalización.

Identificación de las Variables.

Variable (x): Grafeno (INDEPENDIENTE)

Variable(y): Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (DEPENDIENTE)

Operacionalización de variables

En la tabla 5 se puede observar la Matriz de Operacionalización de Variable

Tabla 5: Matriz de Operacionalización de variables

| | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENCIONES | INDICADORES | MEDICIÓN |
|--|---|--|-------------------------------------|---|---|
| VARIABLE: DEPENDIENTE DURABILIDAD DEL CONCRETO | El agua, la arena y el cemento estos componentes conforman el concreto donde su característica es de juntar las distintas partículas de agregado grueso ocupando los vacíos entre ellas. Las uniones de estos materiales hacen una pasta elástica que se puede moldeada, pero con el transcurso del tiempo esta disminuye sus propiedades y se convierte cada vez más endurecido. (Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1998) | La durabilidad del concreto es muy importante, se realizará una mezcla con lo cual se llenarán las probetas, después se someterá a ciclos de congelación y también será expuesto a sulfatos por último se verificará su Resistencia a la compresión. | Exposición a sulfato | -Cantidad de sulfato -Resistencia a la compresión -sulfato de magnesio -Tiempo de exposición por sulfato -% de peso | Mg/L Kg/cm ² Mg/L Horas gr |
| | | | Exposición a congelación y deshielo | - Resistencia a compresión -ciclos de congelación y deshielo -Temperatura -Tiempo de congelación | Kg/cm ² °C Horas |
| VARIABLE: INDEPENDIENTE GRAFENO | El grafeno es un material de dos dimensiones, la estructura de este compuesto es nanométrica, compuesta principalmente por átomos de carbono con una sólida cohesión en una parcela homogénea. (Rodriguez y Vasilievna, 2008, p. 18). | Se realizará un modelo de mezcla de concreto patrón y sus relativas dosis de grafeno y se evaluará cada uno de los diseños. | Propiedades físicas | -Espesor -Tamaño -Densidad | nm µm Gr |
| | | | Diseño de mezcla | 0,50% de grafeno respecto al peso del cemento (gr) | gr |
| | | | | 1,00% de grafeno respecto al peso del cemento (gr) | |
| Composición química | Formula química | C ₆ H ₆ | | | |

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Se puede entender que la población viene hacer un conjunto de elementos definidos con interés para el estudio que se efectuara y definir nuestra unidad de análisis, para establecer la población del presente proyecto de investigación. De las cuales nuestra población es el concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con grafeno.

Muestra

El tamaño requerido de la muestra sería solamente de uno; pero al no presentarse el caso, necesitamos establecer un tamaño de muestra mayor de uno, pero menor que la población total o universo. (Borja, 2012, p. 30).

Por criterio del investigador se optará una muestra tomando en cuenta la bibliografía y a las normas puesto a que estos tienen información verídica que utilizaremos

To further confirm that graphene reinforces concrete, we performed statistical studies by preparing and testing more than 150 concrete cubes. This included batches of 20 samples for each of the 3 experimental groups. (Dimov et al., 2018. p12). Nos dice que se tomaron 150 de población total, pero estas fueron tomadas por lotes de 20 por cada grupo experimental. por lo tanto se tomara una muestra de 27 probetas para realizar el ensayo de resistencia a corrosión por sulfato de magnesio 9 con porcentaje de 0,50% de grafeno ,9 muestras con 1,00% de grafeno y 9 muestras patrón según norma , asimismo se tomara una muestra de 27 probetas para realizar el ensayo de resistencia a la congelación y deshielo para un porcentaje de 0.50% de grafeno se tomara 9 muestras donde se pretende dar más énfasis a los 7, 14 y 28 días asimismo para un porcentaje de 1.00% se tomara 9 muestras dando énfasis a los 7, 14 y 28 días y teniendo por ultimo 9 muestras patrones según Norma Técnica Peruana de muestras. Las muestras para esta investigación se pueden observar en la tabla 6 y tabla 7

Tabla 6: Muestras para el ensayo de exposición a sulfato

| | SULFATO DE MAGNESIO | | |
|--------|--------------------------|----|----|
| Días | 7 | 14 | 28 |
| 0.50% | 3 | 3 | 3 |
| 1.00% | 3 | 3 | 3 |
| patrón | 3 | 3 | 3 |
| | RESISTENCIA A COMPRESIÓN | | |
| Días | 7 | 14 | 28 |
| 0.50% | 3 | 3 | 3 |
| 1.00% | 3 | 3 | 3 |
| patrón | 3 | 3 | 3 |

Tabla 7: Muestra para el ensayo de exposición a congelación y deshielo

| | CONGELACIÓN Y DESHIELO | | |
|--------|--------------------------|----|----|
| Días | 7 | 14 | 28 |
| 0.50% | 3 | 3 | 3 |
| 1.00% | 3 | 3 | 3 |
| patrón | 3 | 3 | 3 |
| | RESISTENCIA A COMPRESIÓN | | |
| Días | 7 | 14 | 28 |
| 0.50% | 3 | 3 | 3 |
| 1.00% | 3 | 3 | 3 |
| patrón | 3 | 3 | 3 |

Unidad de análisis

Según Hernández Sampieri (2014), se puede entender que la unidad de análisis son grupos humanos o personas en la cual el proyecto de investigación se basa. esta unidad de análisis se centra en los objetos de estudio específicos lo cual son herramientas de estudio en esta investigación. la unidad de análisis serán las probetas de concreto.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas a emplear en la investigación para la obtención de la información, esta se debe de presentar en los formatos respectivos de cada tarea, en caso de proyectos de ingeniería se deben mostrar todo formato a utilizar. (Borja, 2012, p. 33).

Para la elaboración de la investigación se realizara ensayos en probetas de concreto con contenido de grafeno y probetas con concreto patrón, con el cual se buscara contrastar resultados de ambos con los ensayos de exposición a sulfato de magnesio (NTP 400.016: 2011) y la exposición a ciclos de congelación y deshielo (ASTM C-666) utilizando la técnica de la observación, este nos permite recoger los datos que obtendremos en el laboratorio y se plasma en hojas de cálculo virtual como el Microsoft Excel, el cual nos permitirá la facilidad de interpretación y análisis de los datos obtenidos.

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento a usarse se tomará en base al ensayo de laboratorio a realizarse, tomando en cuenta los protocolos y estándares de la NTP (Norma Técnica Peruana) tales como los ensayos de compresión del concreto en muestras cilíndricas (NTP 339.034) el cual está basado en el ASTM C39/C39M-05 y el ensayo de exposición a congelación y deshielo basado en el ASTM C-666 Y el ensayo de exposición de sulfato basado en la NTP 400.016:2011

Validez y confiabilidad del instrumento

Los instrumentos utilizados y presentados en esta tesis están validados por los lineamientos y estándares de la Norma Técnica Peruana (NTP) de las cuales las normas para los ensayos utilizados para concreto están basadas en el ASTM, ver tabla 8 de normas de los ensayos a realizarse.

Tabla 8: Tabla de normas

| Etapas | Norma |
|---|--------------|
| Granulometría | NTP 400.012 |
| Diseño de mezcla | MÉTODO ACI |
| Ensayo a la resistencia a la compresión | NTP 339.034 |
| Ensayo de exposición a congelación y deshielo | ASTM C-666 |
| Ensayo de exposición a sulfato | NTP 400.016 |

Fuente: Elaboración propia

3.5 Procedimientos

Para llevar a cabo el plan de investigación, se desarrollara en 4 fases; en la primera fase se recopiló información de investigaciones relacionadas con las variables del tema a investigar, de los últimos cinco años, tanto como tesis, artículos científicos, revistas, libros, etc., se evaluara la problemática que existe en la actualidad con las viviendas y su falta de durabilidad que se tiene cuando está sometido a diversas acciones como el intemperismo y el ataque por sulfatos , posteriormente se fijó las variables a trabajar, tomando como variable independiente incorporación de grafeno y la variable dependiente la durabilidad del concreto; los cuales se emplearan con la ficha técnica del cemento a utilizar, ficha técnica del grafeno que se utilizara como aditivo , formato del ensayo de congelación y deshielo ASTM C666 , formato de ensayo a exposición a sulfato NTP 400.016:2011, formato del ensayo a compresión de muestras cilíndricas. En la segunda fase se obtendrá el procesamiento de las muestras para los ensayos que se obtuvo por criterio del investigador teniendo parámetros de la norma, las muestras a realizarse serán 54 probetas cilíndricas. En la tercera fase se describirá los distintos procesos para la elaboración de los ensayos como el diseño de mezcla donde se empleará el (cemento Sol tipo I); la granulometría de los agregados finos y agregados grueso , el cual tiene como objetivo de separar los distintos tamaños que tiene los materiales mediante el tamizados para la finalidad de corroborar si estas cumplen con los límites inferiores o superiores que están en el NTP 400.012, el agregado se obtendrán de la cantera de Trapiche; la relación agua cemento y por último el diseño de mezcla ; el ensayo de congelación y deshielo (ASTM C666), se somete a bajas temperaturas ($> -25^{\circ} \text{C}$) según el tiempo que el investigador determine, luego se descongela a ($< 40^{\circ} \text{C}$), los ciclos se determina según el investigador; el ensayo de exposición de sulfatos (400.016:2011) se realiza una inmersión a las probetas de concreto en sulfato soluble según la normal E-060; finalmente se concluye los dos ensayos mencionados en una prueba a compresión de las probetas (ASTM C39) se realiza con una maquina calibrada donde comprime a las probetas dando resultados en MPa; los factores que se pueden controlar en laboratorio son el pH del agua a utilizar en las probetas y factores que no se pueden controlar como la temperatura y humedad. En la fase 4 la cual se examina los datos adquirido mediante

los ensayos mencionados anteriormente, esta información se procesa mediante los softwares de Excel y SPSS.

3.6 Método de análisis de datos

El análisis de los datos de forma estadísticas, se tiene la confiabilidad de estos por la validación y protocolos adoptados por los métodos de ensayo realizado al concreto con contenido de grafeno y teniendo como base un concreto patrón, de manera que se podrá utilizar y recolectar la información arrojada por los ensayos de exposición a congelación y deshielo y exposición a sulfatos , el procesamiento de dicha información será utilizando herramientas informáticas como el MS Excel y de los cuales tendremos evidencia estadística de la tesis cumpliendo con el enfoque cuantitativo

3.7 Aspectos Éticos

- En esta investigación se usaron datos incontrastables, ya que tomamos como referencias tesis, libros y artículos científicos. Este último en mayor parte porque poseen mayor autenticidad.
- La información que se recabo de los diversos libros, artículos y tesis se encuentra debidamente citado respetando sus derechos de autor.
- En la presente investigación los datos obtenidos son respaldados por el laboratorio que en que se realizaron estos.

IV. RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados de los análisis de los agregados fino y grueso, también los ensayos de exposición a sulfato, ensayo de congelación y deshielo y por último el ensayo de resistencia a compresión; estos datos se obtuvieron en el laboratorio "MTL Geotecnia".

4.1 Análisis de los agregados

4.1.1 Granulometría de propiedades del agregado fino

El presente ensayo de granulometría del agregado fino se realizó en el laboratorio de MTL Geotecnia, los cuales se basan a las normas del ASTM C136 y la NTP 400.012.

El análisis granulométrico del agregado fino, se procedió a realizar los diversos ensayos los cuales consiste en retener los distintos tamaños de material en cada tamiz y posterior para ser pesados y recolectar sus datos como se aprecia en la tabla 9, de esa manera se puede observar los pesos retenidos como especifica en las normas,

Tabla 9: Granulometría agregado fino.

| MALLAS | ABERTURA | MATERIAL RETENIDO | % ACUMULADOS | ESPECIFICACIONES | Pasa | ASTM C 33 |
|--------|----------|-------------------|--------------|------------------|--------|-----------------|
| | (mm) | (g) | (%) | Retenido | | |
| 1/2" | 12,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | |
| 3/8" | 9,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | 100 |
| Nº4 | 4,76 | 16,5 | 2,7 | 2,7 | 97,3 | 95 - 100 |
| Nº8 | 2,38 | 117,2 | 18,8 | 21,5 | 78,5 | 80 - 100 |
| Nº 16 | 1,19 | 136,4 | 21,9 | 43,4 | 56,6 | 50 - 85 |
| Nº 30 | 0,60 | 131,5 | 21,1 | 64,5 | 35,5 | 25 - 60 |
| Nº 50 | 0,30 | 82,6 | 13,3 | 77,8 | 22,2 | 05 - 30 |
| Nº 100 | 0,15 | 80,7 | 13,0 | 90,8 | 9,2 | 0 - 10 |
| FONDO | | 57,1 | 9,2 | 100,0 | 0,0 | 0 - 0 |

Fuente: Laboratorio MTL

El cálculo para obtener el módulo de fineza es la sumatoria de los porcentajes retenidos divididos entre 100, obteniendo dichos datos se logró determinar que el módulo de fineza del agregado fino que es de 3,01.

Así mismo podemos apreciar en la figura 13, la curva granulométrica del agregado fino según el ASTM C33/NTP. 400.037, las líneas rojas con los extremos permitidos y la línea azul la curva que conforma nuestro agregado fino.

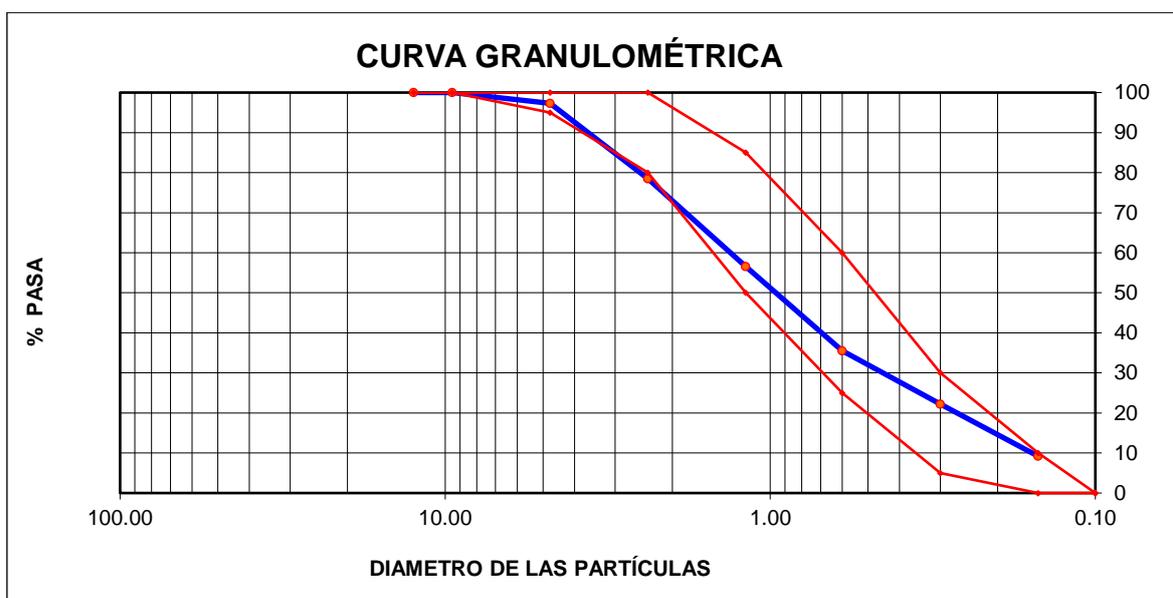


Figura 13: Curva granulométrica del agregado fino.

Fuente: laboratorio MTL

Este gráfico indica que mientras un material está dentro de los parámetros del límite inferiores y superiores este satisface los requerimientos establecidos en dichas normas aprobando su uso en nuestra mezcla de concreto; lo cual nos indica que el agregado de la cantera “Trapiche” cumple los requerimientos de la norma.

4.1.2 Peso unitario suelto y compactado

Para la elaboración de este ensayo se tomó en consideraciones las siguientes normas NTP 400.017 y el ASTM C29.

Para la elaboración de la práctica de este ensayo se tuvo que utilizar, molde metálico, lo cual se tuvo que poner el agregado fino en su estado compactado como suelto para que de esa manera obtener su peso, de los cuales nos arrojaron los siguientes resultados que se observa en la tabla 10 y tabla 11.

Tabla10: Peso Unitario Suelto A.F.

| MUESTRA N° | | M – 1 | M – 2 | M – 3 | |
|--------------------------------------|------------------------------------|-------------|--------------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 6431 | 6428 | 6442 |
| 2 | Peso del Molde | g | 2363 | 2363 | 2363 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 – 2) | g | 4068 | 4065 | 4079 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 2760 | 2760 | 2760 |
| 5 | Peso Unitario Suelto de la Muestra | g/cc | 1.474 | 1.473 | 1.478 |
| PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO | | g/cc | 1.475 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el peso unitario suelto del agregado fino se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras una carilla. El peso unitario suelto es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto

El peso unitario suelto del agregado fino como se puede observar en la tabla 10 fue de 1.475 g/cc este material se obtuvo de la cantera trapiche.

Tabla 11: Peso Unitario Compactado A.F.

| MUESTRA N° | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|------------|-------|-------|-------|
|------------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 7296 | 7298 | 7305 |
| 2 | Peso del Molde | g | 2363 | 2363 | 2363 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 4933 | 4935 | 4942 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 2760 | 2760 | 2760 |
| 5 | Peso Unitario Compactado de la Muestra | g/cc | 1.787 | 1.788 | 1.791 |

| | | |
|--|------|--------------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO | g/cc | 1.789 |
|--|------|--------------|

Fuente: Elaboración propia.

Se denomina peso unitario compactado cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria. El peso unitario compactado del agregado fino como se puede observar en la tabla 11 fue de 1.789 g/cc este material se obtuvo de la cantera trapiche.

4.1.3 Peso específico y Absorción

Para poder realizar los siguientes ensayos también se tomaron en consideración las siguientes normas ASTM C128 y la NTP 400.022, los cuales nos dan parámetros y nos permiten tener una confiabilidad de los ensayos a realizar.

El peso específico es masa saturada y en parte seca y la absorción es la humedad del agregado obtiene cuando tiene todos sus poros con agua. De los cuales tenemos los resultados a continuación en la siguiente tabla 12 donde se especifica los datos obtenidos en laboratorio.

Tabla 12: Peso Específico y Absorción A.F

| MUESTRA N° | | | M - 1 | M - 2 | PROMEDIO |
|------------|---|-----------------|-------|-------|---------------|
| 1 | Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua | g | 980.7 | 981.5 | 981.1 |
| 2 | Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon | g | 670.2 | 669.8 | 670.0 |
| 3 | Peso del Agua (W = 1 - 2) | g | 310.5 | 311.7 | 311.1 |
| 4 | Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balon | g/cc | 663.1 | 662.5 | 662.80 |
| 5 | Peso del Balon N° 2 | g/cc | 170.2 | 169.8 | 170.00 |
| 6 | Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5) | g/cc | 492.9 | 492.7 | 492.80 |
| 7 | Volumen del Balon (V = 500) | cm ³ | 497.5 | 498.2 | 497.9 |

| | | | | |
|--|------|-------------|-------------|-------------|
| PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W)) | g/cc | 2.64 | 2.64 | 2.64 |
| PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W)) | g/cc | 2.67 | 2.68 | 2.68 |
| PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-(500-A)]) | g/cc | 2.74 | 2.75 | 2.74 |
| PORCENTAJE DE ABSORCION (%) [(500-A)/A*100] | % | 1.4 | 1.5 | 1.5 |

Fuente: Elaboración propia

Para la realización de este ensayo se tuvo que pesar la muestra saturada y la muestra seca, luego colocamos el material en el interior de la fiola, continuamente adicionándole agua hasta que llegue a su capacidad límite, para posterior echar el baño agua con el único fin de eliminar los vacíos en la muestra, culminado el proceso se le pone a enfriar a una temperatura establecida, luego se le extrae para ser colocado en el horno y posterior a ello se deja secar a temperatura ambiente.

4.1.4 Contenido de Humedad

Para poder ejecutar el ensayo de contenido de humedad del agregado fino se establecieron de acuerdo a las normas NTP 339.185. Es de acuerdo al peso de la muestra tal y como esta, posterior a ello se coloca al horno a una temperatura determinada por un tiempo de 24 horas, después se retira del horno para poder pesarlo y realizar los diversos cálculos para obtener el contenido de humedad como se observa este resultado en la tabla 13.

Tabla 13: Contenido de Humedad A.F.

| ELEMENTO | CONTENIDO HUMEDAD (%) |
|---------------|-----------------------|
| Agregado Fino | 1.00 |

Fuente: Elaboración propia

Nuestro agregado fino obtuvo el 1.00% de humedad luego de haber sido hidratados sus poros con agua por 24 horas.

4.2.1 Granulometría de propiedades de agregado grueso

El presente ensayo de granulometría del agregado grueso como se observa en la tabla 14 se realizó en el laboratorio de MTL Geotecnia los cuales se basan a las normas del ASTM C136 y la NTP 400.12.

Tabla 14: Granulometría agregado grueso.

| MALLAS | ABERTURA | MATERIAL | % | ESPECIFICACIONES | Pasa | HUSO # 67 |
|--------|----------|----------|------------|------------------|-------|-----------------|
| | (mm) | RETENIDO | ACUMULADOS | | | |
| | (g) | (%) | | | | |
| 2" | 50,00 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | |
| 1 1/2" | 37,50 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | |
| 1" | 24,50 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 100 |
| 3/4" | 19,05 | 151,0 | 3,5 | 3,5 | 96,5 | 90 - 100 |
| 1/2" | 12,50 | 2.012,0 | 47,0 | 50,5 | 49,5 | --- |
| 3/8" | 9,53 | 1.236,0 | 28,9 | 79,4 | 20,6 | 20 - 55 |
| Nº 4 | 4,76 | 865,0 | 20,2 | 99,6 | 0,4 | 0 - 10 |
| Nº 8 | 2,38 | 8,6 | 0,2 | 99,8 | 0,2 | 0 - 5 |
| Nº 16 | 1,18 | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 0,0 | |
| FONDO | | 4,0 | 0,1 | | | |

Fuente: Laboratorio MTL.

El análisis granulométrico del agregado grueso, se realizó los diversos ensayos los cuales uno de ellos es retener los pesos en cada tamiz, se puede observar los pesos retenidos en cada uno de ellos, como se puede apreciar en la tabla 14, al término del ensayo se determinaron el tamaño máximo y nominal.

El agregado grueso debe cumplir con los requisitos de estar dentro de los límites inferiores y superiores, en la figura 14 y tabla 15

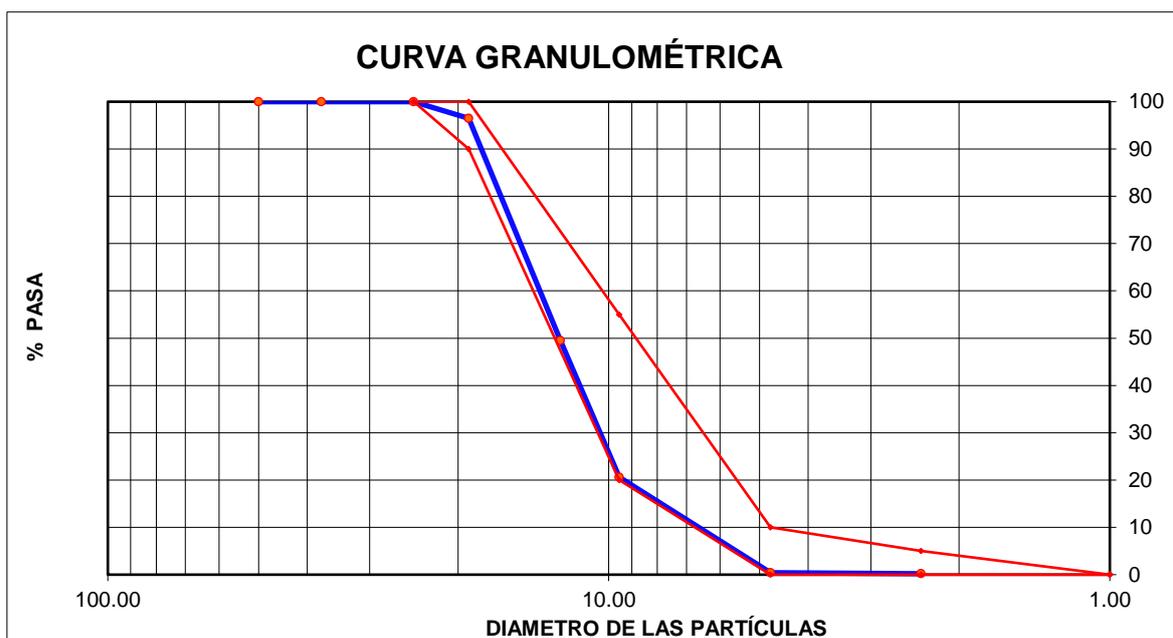


Figura 14: Curva granulométrica A.G.

Fuente: Laboratorio MTL

Se aprecia que la curva granulométrica de este material de la cantera “Trapiche” está dentro de los parámetros de la norma NTP.400. 037 y que es de Huso 67 como se observa en la tabla 15; el cual indican que es apto para realizar concreto y proseguir con la realización de los ensayos

Tabla 15: Límites permisibles del agregado grueso.

| NTP. 400. 037 - HUSO 67 | | | | | |
|-------------------------|--------|-------------------|---------------------|-------------------|-----------|
| TAMIZ | | Límite Inferior % | Pasante Acumulado % | Límite Superior % | Condición |
| Pulg. | mm | | | | |
| 1 | 25,000 | 100,00 | 100,00 | 100 | CUMPLE |
| 3/4 | 19,000 | 90,00 | 96,50 | 100 | CUMPLE |
| 1/2 | 12,500 | -- | -- | -- | -- |
| 3/8 | 9,500 | 20,00 | 20,60 | 55 | CUMPLE |
| N°4 | 4,750 | 0,00 | 0,40 | 10 | CUMPLE |
| N°8 | 2,360 | 10,00 | 0,20 | 5 | CUMPLE |

Fuente: NTP 400. 037

“Agregado grueso: Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm

(N° 4) proveniente de la degradación natural o artificial de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la presente norma” (NTP 400.037, 2002, pág. 6). La función de este agregado es de brindar la resistencia al concreto, si estos materiales son mal graduados o redondeados provocan vacíos en el concreto, con lo cual se recomienda que cumplan con los requerimientos granulométricos necesarios según la NTP. 400.037.

4.2.2 Peso unitario suelto y compactado

Para poder realizar los siguientes ensayos también se tomaron en consideración las siguientes normas ASTM C29 y la NTP 400.022, los cuales nos dan parámetros y nos permiten tener una confiabilidad de los ensayos a realizar, los datos obtenidos en laboratorio están contrastados en la tabla 16 y tabla 17.

Tabla 16: Peso Unitario Compacto A.G.

| MUESTRA N° | | | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|--|--|------|--------------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 32433 | 32451 | 32450 |
| 2 | Peso del Molde | g | 9800 | 9800 | 9800 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 22633 | 22651 | 22650 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 13950 | 13950 | 13950 |
| 5 | Peso Unitario Compactado de la Muestra | g/cc | 1.622 | 1.624 | 1.624 |
| PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO | | g/cc | 1.623 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Se denomina peso unitario compactado cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria. El peso unitario compactado del agregado fino como se puede observar en la tabla 16 fue de 1.623 g/cc este material se obtuvo de la cantera trapiche.

Tabla 17: Peso Unitario Suelto A. G.

| | | | |
|------------|-------|-------|-------|
| MUESTRA N° | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|------------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 30584 | 30568 | 30578 |
| 2 | Peso del Molde | g | 9800 | 9800 | 9800 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 20784 | 20768 | 20778 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 13950 | 13950 | 13950 |
| 5 | Peso Unitario Suelto de la Muestra | g/cc | 1.490 | 1.489 | 1.489 |

| | | |
|--------------------------------------|------|--------------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO | g/cc | 1.489 |
|--------------------------------------|------|--------------|

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el peso unitario suelto del agregado grueso se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras una carilla. El peso unitario suelto es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto. El peso unitario suelto del agregado grueso como se puede observar en la tabla 17 fue de 1.489 g/cc este material se obtuvo de la cantera trapiche.

4.2.3 Peso específico y Absorción

Para poder realizar los siguientes ensayos también se tomaron en consideración las siguientes normas ASTM C127 y la NTP 400.022, los cuales nos dan parámetros y nos permiten tener una confiabilidad de los ensayos a realizar.

Para la realización de este ensayo se tuvo que pesar la muestra saturada y la muestra seca, luego colocamos el material en el interior de la fiola, continuamente adicionándole agua hasta que llegue a su capacidad límite, para posterior echar el baño maría con el único fin de descartar los vacíos en la muestra, culminado el proceso se le pone a enfriar a una temperatura establecida, luego se le extrae para ser colocado en el horno y posterior a ello se deja secar a temperatura ambiente.

De los cuales tenemos los resultados a continuación en la tabla 18, donde se especifica los datos obtenidos:

Tabla 18: Peso específico y Absorción A. G.

| MUESTRA Nº | | M - 1 | M - 2 | PROMEDIO | |
|---------------|---|-------|--------|----------|-------------|
| 1 | Peso de la Muestra Sumergida Canastilla A | g | 1534.0 | 1578.0 | 1556.0 |
| 2 | Peso muestra Sat. Sup. Seca B | g | 2436.0 | 2508.0 | 2472.0 |
| 3 | Peso muestra Seco C | g | 2409.0 | 2478.0 | 2443.5 |
| 4 | Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A | g/cc | 2.70 | 2.70 | 2.70 |
| 5 | Peso específico de masa = C/B-A | g/cc | 2.67 | 2.66 | 2.67 |
| 6 | Peso específico aparente = C/C-A | g/cc | 2.75 | 2.75 | 2.75 |
| 7 | Absorción de agua = ((B - C)/C)*100 | % | 1.1 | 1.2 | 1.2 |

Fuente: Elaboración propia

Para la realización de este ensayo se tuvo que pesar la muestra saturada y la muestra seca, luego colocamos el material en el interior de la fiola, continuamente adicionándole agua hasta que llegue a su capacidad límite, para posterior echar el baño agua con el único fin de eliminar los vacíos en la muestra, culminado el proceso se le pone a enfriar a una temperatura establecida, luego se le extrae para ser colocado en el horno y posterior a ello se deja secar a temperatura ambiente

4.2.4 Contenido Humedad

Para poder ejecutar el ensayo de contenido de humedad del agregado grueso se establecieron de acuerdo a las normas NTP 339.185. Es de acuerdo al peso de la muestra tal y como esta, posterior a ello se coloca al horno a una temperatura determinada por un tiempo de 24 horas, después se retira del horno para poder pesarlo y efectuar los diversos cálculos para obtener el contenido de humedad de agregado grueso, el resultado se observa en la tabla 19.

Tabla 19: Contenido de Humedad A.G.

| ELEMENTO | CONTENIDO HUMEDAD (%) |
|-----------------|-----------------------|
| Agregado Grueso | 0.10 |

Fuente: Elaboración propia

Nuestro agregado fino obtuvo el 1.00% de humedad luego de haber sido hidratados sus poros con agua por 24 horas.

4.3 Diseño de mezcla

Se determinará las cantidades adecuadas de materiales para producir un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, el cual debe cumplir con los requerimientos necesarios que indica el ACI 211, con la finalidad que en el proceso de fraguado desempeñe sus propiedades adecuadas.

4.3.1 Propiedades físicas y químicas del cemento Sol tipo I

A continuación, en la tabla 20 se muestra las propiedades químicas y físicas del cemento Sol tipo I, el cual se empleará para la elaboración de las 54 muestras de la presente investigación.

Tabla 20: Propiedades físicas y químicas del cemento.

| Parámetro | Unidad | Cemento Sol Tipo I | Requisitos 334.009 / ASTM C-150 |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| Contenido de aire | % | 6.62 | Máximo 12 |
| Expansión autoclave | % | 0.08 | Máximo 0.80 |
| Superficie específica | cm ² /g | 3361 | Máximo 2600 |
| Densidad | g/ml | 3.12 | No Específica |
| Resistencia a la Compresión | | | |
| Resistencia a la compresión a 3 días | kg/cm ² | 296 | Mínimo 122 |
| Resistencia a la compresión a 7 días | kg/cm ² | 357 | Mínimo 194 |
| Resistencia a la compresión a 28 días | kg/cm ² | 427 | No específica |
| Tiempo de Fraguado | | | |
| Fraguado Vicat inicial | min | 127 | Mínimo 45 |
| Fraguado Vicat final | min | 305 | Máximo 375 |
| Composición Química | | | |
| MgO | % | 2.93 | Máximo 6.0 |
| SO ₃ | % | 3.08 | Máximo 3.5 |
| Pérdida al fuego | % | 2.25 | Máximo 3.0 |
| Residuo insoluble | % | 0.68 | Máximo 1.5 |
| Fases Mineralógicas | | | |
| C ₂ S | % | 13.15 | No específica |
| C ₃ S | % | 53.60 | No específica |
| C ₃ A | % | 9.66 | No específica |
| C ₄ AF | % | 9.34 | No específica |

Fuente: UNACEM S.A.C.

4.3.2 Diseño concreto Patrón

Se dará inicio al diseño de mezcla patrón, la resistencia requerida para nuestro concreto patrón es para una resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, de las cuales se utilizarán en este diseño el agregado de la cantera Trapiche, cemento Sol Tipo I, con un peso específico de $3,12 \text{ gr/cm}^3$. De los cuales el diseño será por medio del método ACI 211.

Paso 1. Características de los agregados.

Tabla 21: Propiedades De A.G Y A.F.

| DESCRIPCIÓN | ARENA | PIEDRA |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Peso Unitario Suelto Seco | 1,475 kg/m ³ | 1,489 kg/m ³ |
| Peso Unitario Compactado Seco | 1,789 kg/m ³ | 1,623 kg/m ³ |
| Peso Específico De Masa | 2,64 | 2,69 |
| Contenido De Humedad | 1,00 | 0,1 |
| Porcentaje De Absorción | 1,5 | 1,2 |
| Módulo De Fineza | 3,01 | - |
| Tamaño Máximo Del Agregado | - | 3/4" |

Fuente: Fuente Propia.

Paso 2. Determinar la resistencia requerida del concreto patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 22 Resistencia de la compresión promedio

| $F'c$ | $F'cr$ |
|--------------|------------|
| Menos de 210 | $F'c + 70$ |
| 210 a 350 | $F'c + 84$ |
| Sobre 350 | $F'c + 98$ |

$$F'C = F'c + 84$$

$$F'C = 210 + 84$$

$$F'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

Paso 3. Determinar el asentamiento.

Tabla 23: Asentamiento recomendados para varios tipos de consistencia.

| CONSISTENCIA | ASENTAMIENTO |
|--------------|--------------|
| Seca | 0" a 2" |
| Plástica | 4" a 5" |
| Fluida | >6" |

Fuente: ACI 211.

Paso 4. Relación agua – cemento (a/c)

Tabla 24: Relación Agua – Cemento y resistencia a la compresión del concreto.

| RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (F'CR) KG/CM2 | RELACION AGUA – CEMENTO DE DISEÑO EN PESO | |
|---|---|-------------------------------|
| | CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO | CONCRETO CON AIRE INCORPORADO |
| 450 | 0.38 | --- |
| 400 | 0.43 | --- |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 150 | 0.80 | 0.71 |

Fuente: ACI 211

Con el $F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$, ahora se buscará en la tabla su relación a/c por medio de una interpolación.

| F'_{c} | a/c |
|----------|--------|
| 300 | → 0.55 |
| 294 | → X |
| 250 | → 0.62 |

Interpolando

$$X = 0.56 \text{ igual } R \text{ a/c}$$

Paso 5. Cálculo de la cantidad de agua de mezclado y aire.

Tabla 25: Volumen unitario de agua.

| ASENTAMIENTO | AGUA EN LT/M3, PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMO NOMINALES DE AGREGADOS GRUESO Y CONSISTENCIAS INDICADOS | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 218 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | --- |
| CONCRETO CON AIRE INCORPORADO | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | --- |

Fuente: ACI 211.

De los valores de la tabla obtenemos:

$$3'' = 205 \text{ Lt/m}^3$$

Paso 6. Determinar el Cemento.

$$R \text{ a/c} = \text{a/c}$$

$$C = 205 / 0.56$$

$$C = 366 \text{ kg/m}^3$$

Paso 7. Cálculo del aire atrapado

Tabla 26: Contenido de aire atrapado.

| TAMAÑO MAXIMO NOMINAL | AIRE ATRAPADO |
|-----------------------|---------------|
| 3/8" | 3.0% |
| 1/2" | 2.5% |
| 3/4" | 2.0% |
| 1" | 1.5% |
| 1 1/2" | 1.0% |
| 2" | 0.5% |
| 3" | 0.3% |
| 6" | 0.2% |

Fuente: ACI 211.

Como el tamaño máximo nominal, el cual es la malla de 3/4", se puede decir que **aire atrapado: 2%**

Paso 8. Determinar la cantidad de agregado grueso

Tabla 27: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

| ASENTAMIENTO | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO, SEXO Y COMPACTADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO, PARA DIFERENTES MODULOS DE FINEZA DEL AGREGADO FINO | | | |
|--------------|--|------|------|------|
| | MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO | | | |
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8" | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2" | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4" | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1" | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2" | 0.76 | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 2" | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3" | 0.81 | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6" | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

Fuente: ACI 211.

Con los valores que obtenemos $M_f = 3.01$ y el Tam. Ag. = 3/4" de la tabla tenemos:

| | | | |
|-------------|------|------------------------------------|-----------------|
| 3.20 -----> | 0.58 | Interpolando | |
| 3.01 -----> | X | | X = 0.60 |
| 3.00 -----> | 0.60 | Volumen del Agregado Grueso | |

Peso unitario Compactado Seco = $0.60 \times 1623 = 973.79 \text{ kg/m}^3$

Paso 9. Cálculo del volumen absoluto de concreto para hallar el agregado fino de los materiales por m^3

$$\text{Volumen Absoluto} = \text{Peso Específico} / \text{P.E} \times 1000$$

Cemento = $366 / 3.12 \times 1000 = 0.117 \text{ m}^3$

Ag. Grueso = $973.7 / 2.67 \times 1000 = 0.364 \text{ m}^3$

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

Aire = $2 / 100 = 0.02 \text{ m}^3$ **SUMA TOTAL = 0.705 m³**

Volumen Absoluto Ag. Fino = $1 - 0.705 = 0.295$

$0.295 = \text{Peso Seco} / 2.64 \times 1000$

Peso Seco agregado fino = 778.80 kg/m^3

Peso seco de los materiales:

| | | |
|----------------|---------------------------------|------------------|
| Cemento: | 366 | kg/m^3 |
| Ag. Fino: | 778.8 | kg/m^3 |
| Ag. Grueso: | 973.7 | kg/m^3 |
| Agua: | 205 | Lts/m^3 |
| Grafeno 0.50%: | $(366 \times 0.5) / 100 = 1.83$ | kg/m^3 |
| Grafeno 1.00%: | $(366 \times 1) / 100 = 3.66$ | kg/m^3 |

Paso 10. Corrección por humedad.

Peso ((%Humedad / 100) + 1)

Agregado Fino = $778.7 ((1.00 / 100) + 1) = 786.6 \text{ kg/m}^3$

Agregado Grueso = $973.7 ((0.1 / 100) + 1) = 974.7 \text{ kg/m}^3$

Paso 11. Corrección por absorción.

Peso (%Absorción - %Humedad / 100)

Agregado Fino = $778 (1.5 - 1 / 100) = 3.89$

Agregado Grueso = $973.7 (1.2 - 0.1 / 100) = 10.71$

Sumatoria = 14.6 → Agua Libre

Paso 12. Agua efectiva.

Agua diseño + Agua libre

$205 + 13.04$

Agua efectiva = $219.6 \text{ Lt} / \text{m}^3$

Paso 13. Diseño teórico húmedo.

$R a/c = a / c$

$0.56 = 219.6 / C$

$$C = 392.14 \text{ Kg/m}^3$$

Paso 14. Proporciones en peso.

Cemento : $366 / 392.14 = 0.93$

Ag. Fino : $778.8 / 392.14 = 1.98$

Ag. Grueso : $973.7 / 392.14 = 2.49$

Agua : $219.6 / 392.14 = \text{con R/C } 0.56$

Paso 15. Cantidad para concreto patrón

Tabla 28; Cuadro diseño mezcla concreto patrón.

| CONCRETO PATRÓN | | |
|--------------------------|--------------------|------------------------------|
| MATERIALES | UND | PESO Kg/m³ |
| Cemento | kg/m ³ | 366 |
| Agua | Lts/m ³ | 219.5 |
| Agregado Fino | kg/m ³ | 786.6 |
| Agregado Grueso | kg/m ³ | 974.7 |
| PESO DE LA MEZCLA | kg/m ³ | 2346.7 |

Fuente: Elaboración propia.

Paso 16. Cantidad para concreto 0.50% adicionando grafeno.

Tabla 29: Cuadro diseño mezcla concreto 0.50% adición.

| CONCRETO 0.50% ADICIÓN | | |
|-------------------------------|--------------------|------------------------------|
| MATERIALES | UND | PESO Kg/m³ |
| Cemento | kg/m ³ | 366 |
| Agua | Lts/m ³ | 219.5 |
| Agregado Fino | kg/m ³ | 786.6 |
| Agregado Grueso | kg/m ³ | 974.7 |
| GRAFENO | kg/m ³ | 1.83 |
| PESO DE LA MEZCLA | kg/m ³ | 2348.6 |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 29 se observa la cantidad de materiales con la adición de 0.50% de grafeno en kg/m^3 , ya que, se está trabajando con respecto al peso del cemento el grafeno es de 1.83 kg/m^3 .

Los datos obtenidos en kg/m^3 del diseño de mezcla del ACI 211 fueron convertidos a peso en Kg para realizar la mezcla correspondiente en el laboratorio MTL Geotecnia.

| | | |
|----------------------|--------------------------|-------------|
| Cemento | : 366 kg/m^3 | → 19.03 kg |
| Ag. Fino | : 786.6 kg/m^3 | → 40.91 kg |
| Ag. Grueso | : 974.7 kg/m^3 | → 50.89 kg |
| Agua | : 219.5 Lts/m^3 | → 11.42 Lts |
| Grafeno 0.50% | : 1.83 kg/m^3 | → 95.2 Gr |

Paso 17. Cantidad para concreto 1.00% adicionando grafeno

Tabla 30: Cuadro diseño mezcla concreto 1.00% adición.

| CONCRETO 1.00% ADICIÓN | | |
|-------------------------------|------------------|--|
| MATERIALES | UND | PESO Kg/m^3 |
| Cemento | kg/m^3 | 366 |
| Agua | Lts/m^3 | 219.5 |
| Agregado Fino | kg/m^3 | 786.6 |
| Agregado Grueso | kg/m^3 | 974.7 |
| GRAFENO | kg/m^3 | 3.66 |
| PESO DE LA MEZCLA | kg/m^3 | 2350.4 |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 30 se observa la cantidad de materiales para el diseño de mezcla con la adición de 0.50% de grafeno en kg/m^3 , ya que, se está trabajando con respecto al peso del cemento el grafeno es de 3.66 kg/m^3 .

Los datos obtenidos en kg/m^3 del diseño de mezcla del ACI 211 fueron convertidos a peso en Kg para realizar la mezcla correspondiente en el laboratorio MTL Geotecnia.

Cemento : 366 $\text{kg/m}^3 \rightarrow 19.03 \text{ kg}$
Ag. Fino : 786.6 $\text{kg/m}^3 \rightarrow 40.91 \text{ kg}$
Ag. Grueso : 974.7 $\text{kg/m}^3 \rightarrow 50.89 \text{ kg}$
Agua : 219.5 $\text{Lts/m}^3 \rightarrow 11.42 \text{ Lts}$
Grafeno 1% : 3.66 $\text{kg/m}^3 \rightarrow 190.3 \text{ Gr}$

4.4 Resultados de prueba de asentamiento o Slump – NTP 339.035

Como nos referimos a la norma NTP 339.035 se obtuvieron resultados en las diferentes dosificaciones las cuales se realizaron, ver tabla 31.

Tabla 31: Trabajabilidad Slump.

| Tipo de concreto | GRAFENO | VALOR PROMEDIO | |
|-------------------------|---------|----------------|----------|
| | | CENTIMETROS | PULGADAS |
| C: 210 kg/cm^2 | 0.00% | 7.62 | 3" |
| C: 210 kg/cm^2 | 0.50% | 10.16 | 4" |
| C: 210 kg/cm^2 | 1.00% | 7.62 | 3" |

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados se consiguió mediante el ensayo Slump según la NTP 339.035 que el concreto padrón tiene un asentamiento de 7.62 cm, mientras que los concretos con 0.50% de grafeno tiene un asentamiento de 10.16 cm, como se aprecia en porcentajes en la figura 15.

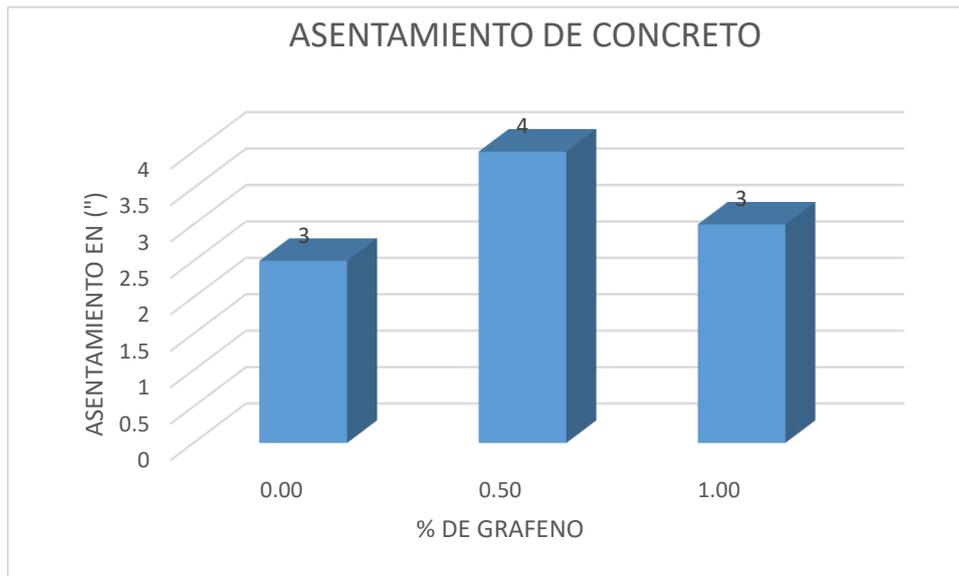


Figura 15: Asentamiento del concreto.

Fuente: Elaboración propia.

Shenghua en el (2003) menciona que la fragilidad del hormigón están en sus componentes que lo conforman, que se compone con reacción de hidratación del cemento; como el gel hidratado de silicato de calcio (CASAH), monosulfato (AFm), etringita (AFt) y el hidróxido de calcio (CH) que suelen contener cristales en forma de agua. Es aquí donde actúa el Grafeno que forma compuestos fácilmente con otros materiales, disminuyendo las microestructuras de cristales.

4.5 Ensayo de Durabilidad del Concreto Expuesto a sulfato (NTP 400.016)

Con las probetas cilíndricas ya realizadas se continua con el ensayo de durabilidad a los 7, 14 y 28 días luego de la elaboración de las muestras, la NTP 400.016 trata de determinar la inalterabilidad de los componentes del concreto mediante el ataque sulfatos de magnesio.

Con respecto al ensayo la Norma Técnica Peruana (durabilidad ante sulfato) este ha sido adecuado para llevar a cabo esta investigación, tomando en cuenta que el concreto endurecido se está considerando como un componente duro artificial (piedra).

Para este ensayo eligió el sulfato de magnesio, ya que este está presente en lagos y aguas subterráneas de zonas alto andinas según el MINSA, se comprende que el sulfato de magnesio es uno de los más dañinos y que según su proporción este simula ataques del sulfato de sodio y calcio. Los agentes de los sulfatos no solo causan desgaste por expansión y fisura que disminuyen la resistencia mecánica. A continuación, se indica los procesos del ensayo.

Primero se realiza el secado a temperatura ambiente de las muestras durante 12 horas, posteriormente se diluye el sulfato de magnesio en agua por 2 horas como se aprecia en la figura 16, según RNE se optó por una cantidad severa de este agente en una cantidad de 5000 mg/lt, Luego del secado a temperatura ambiente se obtuvo un peso inicial de las muestras lo cual fueron pesadas con balanza electrónica como se puede apreciar en la figura 17.



Figura 16: Disolución del sulfato de magnesio.

Fuente: Elaboración propia.

Se vertió la cantidad necesaria de sulfato de magnesio en agua para que agente químico degrade los compuestos de las uniones de los materiales que conforman el concreto.



Figura 17: Peso inicial de las muestras.

Fuente: Elaboración propia.

Al ser sometido a sulfato este degrada las uniones de los componentes haciendo que los materiales se desprendan de las probetas.

Continuando, luego de la pesada inicial se procede la inmersión a las probetas en el sulfato diluido, el líquido debe cubrir en su totalidad a las muestras, su reposo en el sulfato es de un periodo de 1 día, ver figura 18 y tabla 32.



Figura 18: Inmersión con sulfato de magnesio.

Fuente: Elaboración propia.

Al ser inmerso en agua actuarán los componentes de degradación en el concreto patrón, concreto con 0,50% y 1.00% de grafeno dañando a los agregados que conforma la probeta.

4.5.1 Ensayo de Durabilidad del Concreto Expuesto a sulfato a los 7 días

En la tabla 32 se observa los datos para llevar a cabo el ensayo de exposición a sulfato.

Tabla 32: Inmersión en sulfato de magnesio a los 7 días.

| PROBETA | % GRAFENO | CANTIDAD DE SULFATO (mg/l) | TIEMPO (DIA) | HORNO (°C) | TIEMPO (Hr) |
|---------|-----------|----------------------------|--------------|------------|-------------|
| 1P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla indica los datos de las muestras y los parámetros que se realizaron para el ensayo de exposición a sulfato a los 7 días.

Posteriormente las muestras son llevadas al horno a una temperatura de 110°C como se observa en la figura 19, a esta temperatura el líquido se evapora de las fisuras y el material, para que degradación sean medibles en la balanza electrónica tomando un peso final y finalizar en el ensayo de compresión.



Figura 19: Secado en horno.

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó el tiempo de secado una vez que el horno llegara a la temperatura requerida con las muestras dentro de este.

En la tabla 33 se observa los datos para llevar a cabo el ensayo de exposición a sulfato

Tabla 33: Variación de peso del concreto inmerso a sulfato de magnesio a los 7 días.

| a/c=0.56 | | | | | |
|----------|--------|----------------------|--------|----------------------|---------------|
| PROBETAS | | PESO DE MUESTRA (kg) | | DIFERENCIA PESO (kg) | VARIACIÓN (%) |
| | | INICIAL | 1 DIA | | |
| 1 | 1P | 12.812 | 12.807 | 0.005 | 0.04 |
| 2 | 2P | 12.784 | 12.779 | 0.005 | 0.04 |
| 3 | 3P | 12.868 | 12.861 | 0.007 | 0.05 |
| 4 | 1G-0.5 | 12.632 | 12.630 | 0.002 | 0.02 |
| 5 | 2G-0.5 | 12.366 | 12.363 | 0.003 | 0.02 |
| 6 | 3G-0.5 | 12.726 | 12.722 | 0.004 | 0.03 |
| 7 | 1G-1.0 | 12.788 | 12.785 | 0.003 | 0.02 |
| 8 | 2G-1.0 | 12.872 | 12.868 | 0.004 | 0.03 |
| 9 | 3G-1.0 | 12.948 | 12.943 | 0.005 | 0.04 |

Fuente: Elaboración propia

Los datos de la variación de peso muestran que al agregar grafeno disminuye la pérdida de peso luego de ser dañada por el sulfato de magnesio. Los datos que se obtuvo en la tabla 33 son de pérdida de peso, en el cual el concreto patrón tiene mayor desgaste que los concreto con adición de grafeno, una mejor apreciación se observa en la figura 20.

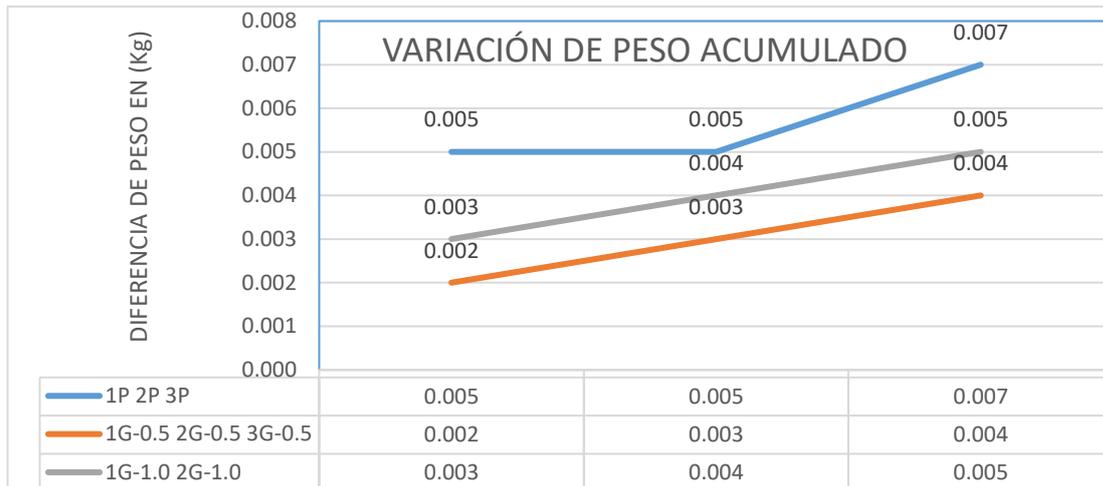


Figura 20: Variación del Peso a 7 días.

Fuente: Elaboración propia

La pérdida de peso en el concreto con adición de grafeno en 0,50% y 1,00% no sobrepasan los 5 gramos luego de ser sometidas al ataque del sulfato de magnesio.

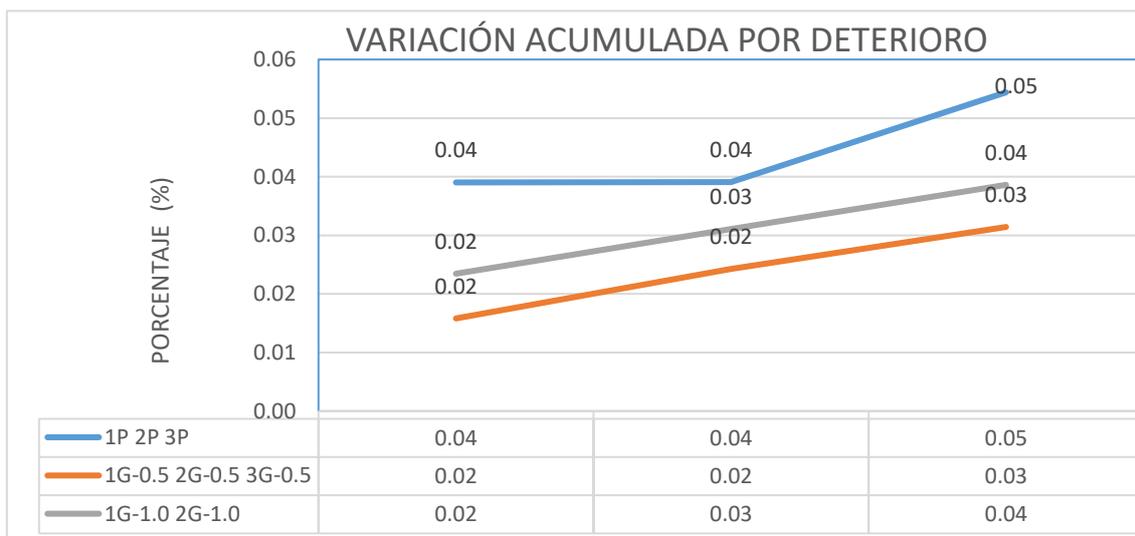


Figura 21: Variación deterioro a 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

El deterioro en el concreto patrón alcanza un 0,05% siendo superior con respecto con el concreto con grafeno en 0,50% y 1,00%.

4.5.2 Ensayo de Durabilidad del Concreto Expuesto a sulfato a los 14 días

A los 14 días el concreto también se somete la misma modalidad del ensayo de exposición con sulfato de magnesio, secándolo a temperatura ambiente, obteniendo su peso inicial y luego de ser inmerso en sulfato, se recolecto el dato de diferencia de peso, se mantuvo a las probetas inmersas a una cantidad de 5000 mg/lt, también se secó en un horno eléctrico a 110°C como se menciona anteriormente, los cuales estos datos se indican en la tabla 34.

Tabla 34: Inmersión en sulfato de magnesio a los 14 días.

| PROBETA | % GRAFENO | CANTIDAD DE SULFATO (mg/lt) | TIEMPO (DIA) | HORNO (°C) | TIEMPO (Hr) |
|---------|-----------|-----------------------------|--------------|------------|-------------|
| 1P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla indica los datos de las muestras y los parámetros que se realizaron para el ensayo de exposición a sulfato a los 14 días.

Los datos que se pueden apreciar de la tabla 35 son de variación de peso en el concreto patrón, concreto con 0,50% de grafeno y 1,00% de grafeno con respecto al peso del cemento luego de ser sometidos a una inmersión por sulfatos y de ser

secados y pesados en una balanza electrónica, esta variación de peso se puede apreciar en la figura 22.

Tabla 35: Variación de peso del concreto inmerso a sulfato de magnesio a los 14 días.

| a/c=0.56 | | | | | |
|----------|--------|----------------------|--------|----------------------|---------------|
| PROBETAS | | PESO DE MUESTRA (kg) | | DIFERENCIA PESO (kg) | VARIACIÓN (%) |
| | | INICIAL | 1 DIA | | |
| 1 | 1P | 13.099 | 13.096 | 0.003 | 0.03 |
| 2 | 2P | 13.026 | 13.022 | 0.004 | 0.03 |
| 3 | 3P | 13.052 | 13.048 | 0.004 | 0.03 |
| 4 | 1G-0.5 | 12.372 | 12.371 | 0.001 | 0.01 |
| 5 | 2G-0.5 | 12.476 | 12.475 | 0.001 | 0.01 |
| 6 | 3G-0.5 | 12.726 | 12.724 | 0.002 | 0.02 |
| 7 | 1G-1.0 | 12.816 | 12.814 | 0.002 | 0.02 |
| 8 | 2G-1.0 | 13.021 | 13.018 | 0.003 | 0.02 |
| 9 | 3G-1.0 | 13.015 | 13.012 | 0.003 | 0.02 |

Fuente: Elaboración propia.

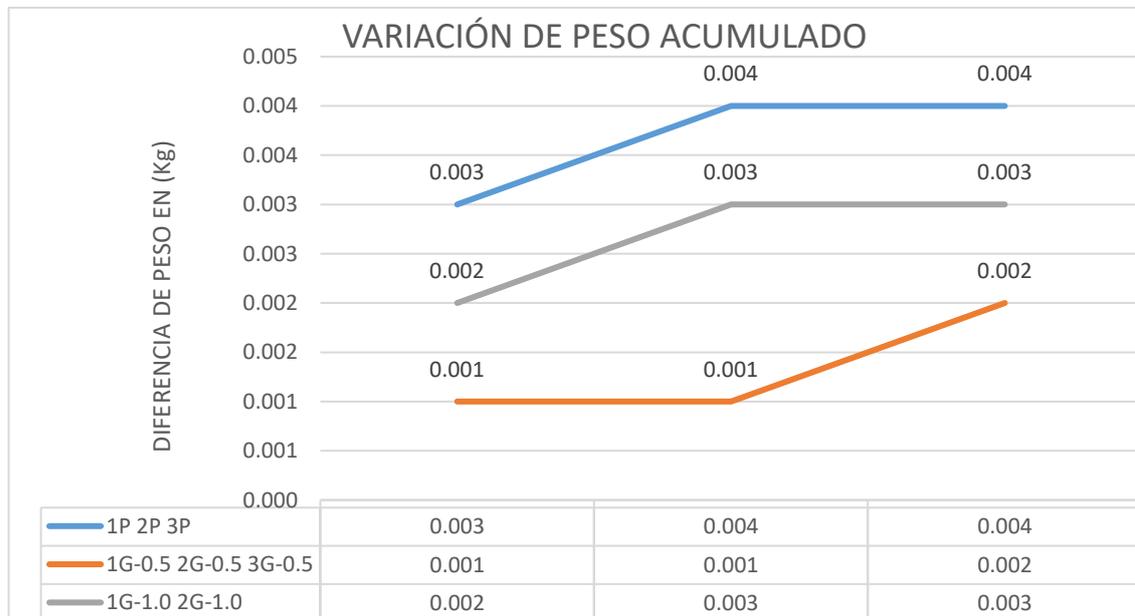


Figura 22: Variación del Peso a 14 días

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 35 que luego es graficada en la figura 22 se aprecia que luego de 14 días de fraguado el concreto adquiere dureza y que las muestras con grafeno disminuyen la pérdida de peso luego de ser sometidos al ensayo del NTP 400.016.

La comparación de peso de las muestras antes de ser inmersas a sulfatos y después de ser sometidas a este ataque químico se puede apreciar el porcentaje de variación en la figura 23.

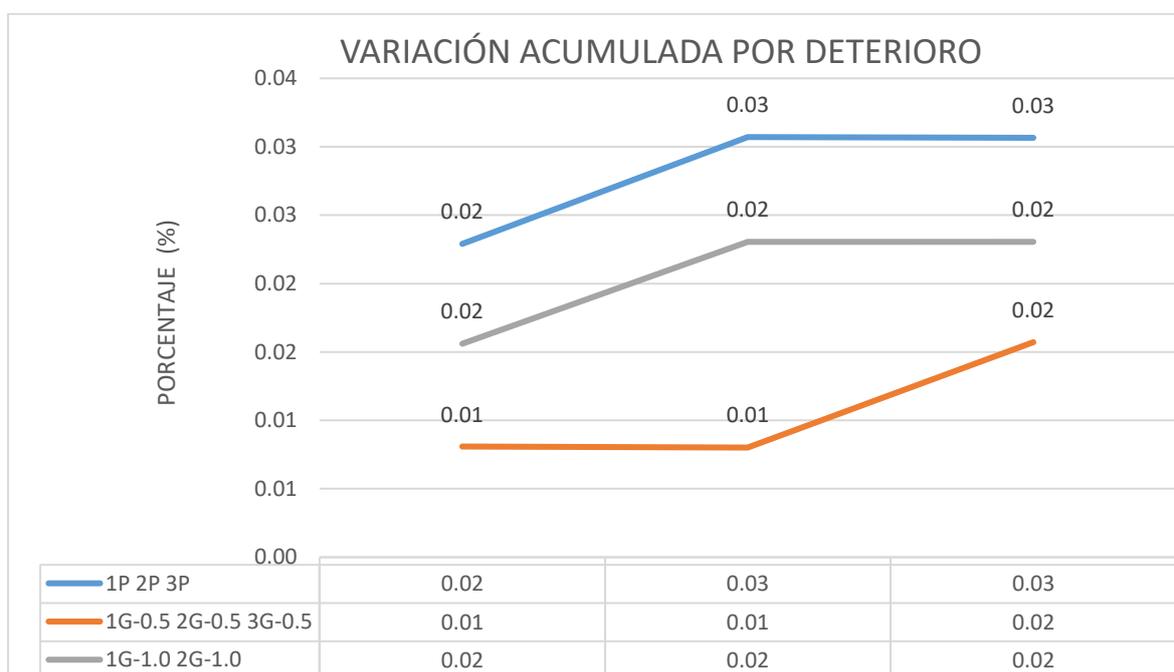


Figura 23: Variación deterioro a 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

La variación del deterioro es notoria en el concreto patrón a sus 14 días de edad de la muestra, tiene un deterioro más elevado que las probetas con grafeno.

4.5.3 Ensayo de Durabilidad del Concreto Expuesto a sulfato a los 28 días

A los 28 días el concreto también se somete la misma modalidad del ensayo de exposición con sulfato de magnesio, secándolo a temperatura ambiente, obteniendo su peso inicial y luego de ser inmerso en sulfato, se recolecto el dato

de diferencia de peso, se mantuvo a las probetas inmersas a una cantidad de 5000 mg/lt, también se secó en un horno eléctrico a 110°C como se menciona anteriormente, los cuales estos datos se indican en la tabla 36.

Tabla 36: Inmersión en sulfato de magnesio a los 28 días.

| PROBETA | % GRAFENO | CANTIDAD DE SULFATO (mg/lt) | TIEMPO (DÍA) | HORNO (°C) | TIEMPO (Hr) |
|---------|-----------|-----------------------------|--------------|------------|-------------|
| 1P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 36 indica los datos del concreto patrón, concreto con 0.50% de grafeno y concreto con 1% de grafeno así mismo los parámetros que se tuvieron en cuenta para realizar el ensayo de exposición a sulfato a los 28 días.

Los datos que se pueden apreciar de la tabla 37 son de variación de peso en el concreto patrón, concreto con 0,50% de grafeno y 1,00% de grafeno con respecto al peso del cemento luego de ser sometidos a una inmersión por sulfatos y de ser secados y pesados en una balanza electrónica, esta variación de peso se puede apreciar en la figura 24.

Tabla 37: Variación de peso del concreto inmerso a sulfato de magnesio a los 28 días.

| a/c=0.56 | | | | | |
|----------|--------|----------------------|--------|----------------------|---------------|
| PROBETAS | | PESO DE MUESTRA (kg) | | DIFERENCIA PESO (kg) | VARIACIÓN (%) |
| | | INICIAL | 1 DIA | | |
| 1 | 1P | 13.017 | 13.015 | 0.002 | 0.02 |
| 2 | 2P | 12.944 | 12.941 | 0.003 | 0.02 |
| 3 | 3P | 13.545 | 13.542 | 0.003 | 0.02 |
| 4 | 1G-0.5 | 12.372 | 12.371 | 0.001 | 0.01 |
| 5 | 2G-0.5 | 12.765 | 12.764 | 0.001 | 0.01 |
| 6 | 3G-0.5 | 12.645 | 12.644 | 0.001 | 0.01 |
| 7 | 1G-1.0 | 13.012 | 13.011 | 0.001 | 0.01 |
| 8 | 2G-1.0 | 13.541 | 13.539 | 0.002 | 0.01 |
| 9 | 3G-1.0 | 13.455 | 13.453 | 0.002 | 0.01 |

Fuente: Elaboración propia.

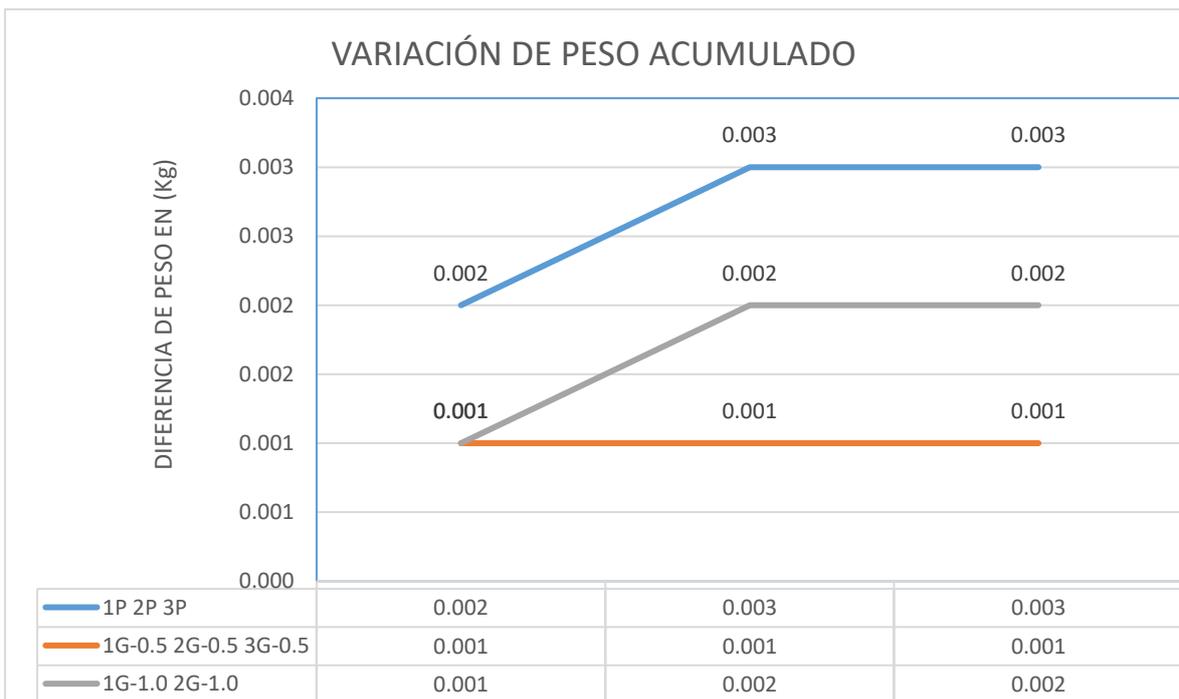


Figura 24: Variación del Peso a 28 días

Fuente: Elaboración propia

La comparación de peso de las muestras antes de ser inmersas a sulfatos y después de ser sometidas a este ataque químico se puede apreciar el porcentaje de variación en la figura 25

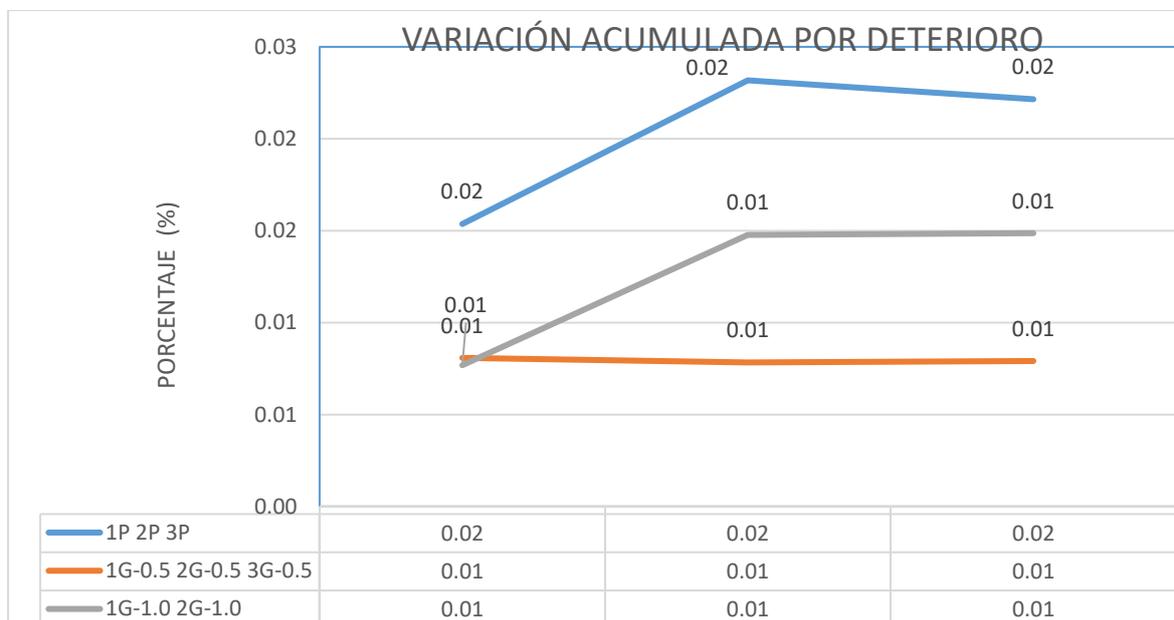


Figura 25: Variación deterioro a 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Resistencia a compresión NTP 339.034

4.6.1 Resistencia a compresión 7 días NTP 339.034

Luego de que las muestras fueron sometidas al ensayo de exposición a sulfato se realizó el ensayo de resistencia a compresión a la edad de 7 días del concreto patrón, concreto con 0.5% de grafeno y concreto con 1%, los resultados se pueden observar en la tabla 38,39 y 40.

Tabla 38: Resistencia a compresión a 7 días del concreto patrón.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|--------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.00% | 15 | 176.1 | 29638.4 | 7 días | 165,5 | 166.4 kg/cm ² |
| 2 | 0.00% | 15 | 176.1 | 29655.3 | 7 días | 163,4 | |
| 3 | 0.00% | 15 | 176.7 | 30180 | 7 días | 170,8 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39: Resistencia a compresión a 7 días con 0.50% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|--------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.50% | 15 | 176.7 | 33574 | 7 días | 190 | 192.1 kg/cm ² |
| 2 | 0.50% | 15 | 176.7 | 34052 | 7 días | 192.7 | |
| 3 | 0.50% | 15 | 176.7 | 34211 | 7 días | 193.6 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40: Resistencia a compresión a 7 días con 1.00% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|--------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 1.00% | 15 | 176.7 | 31595 | 7 días | 178.8 | 180 kg/cm ² |
| 2 | 1.00% | 15 | 176.7 | 32090 | 7 días | 181.6 | |
| 3 | 1.00% | 15 | 176.7 | 31737 | 7 días | 179.6 | |

Fuente: Elaboración propia.

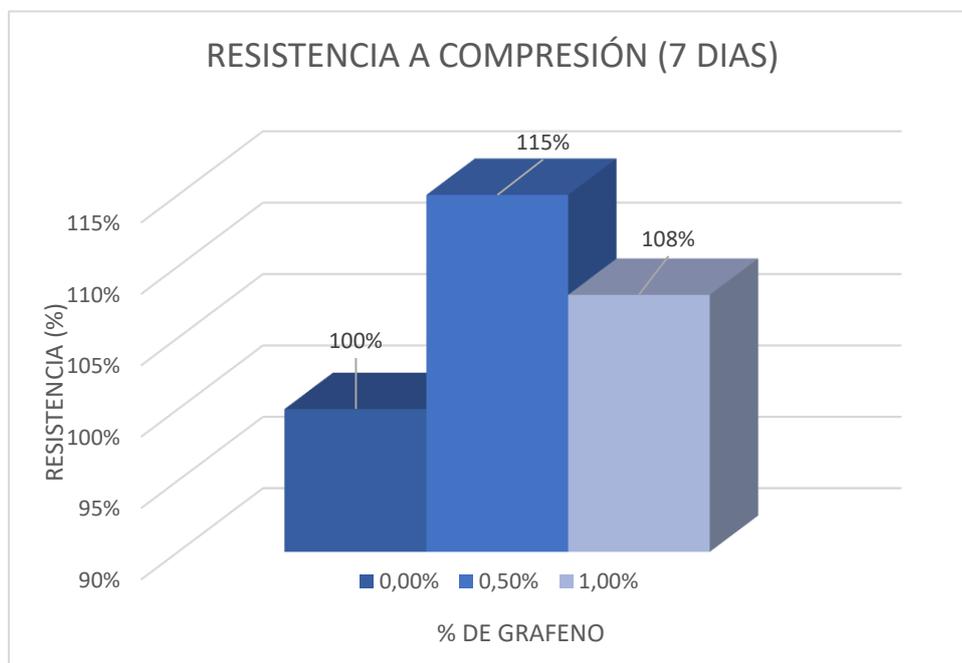


Figura 26: Resistencia a compresión a 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de 7 días las probetas al ser sometidas a la inmersión por sulfato de magnesio y seca, el concreto con 0,50% de grafeno obtuvo un aumento del 115% de resistencia a compresión con respecto al concreto base luego de ser sometidas al desgaste de sulfato y el concreto con 1,00% de grafeno logro una resistencia a la compresión de 108% con respecto a la muestra patrón que también fue sometida al ensayo a compresión, dando resultados favorables para la investigación.

4.6.2 Resistencia a compresión 14 días NTP 339.034

Luego de que las muestras fueron sometidas al ensayo de exposición a sulfato se realizó el ensayo de resistencia a compresión a la edad de 14 días del concreto patrón, concreto con 0.5% de grafeno y concreto con 1%, los resultados se pueden observar en la tabla 41,42 y 43.

Tabla 41: Resistencia a compresión a 14 días del concreto patrón.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.00% | 15 | 176.71 | 34883 | 14 días | 197.4 | 199 kg/cm ² |
| 2 | 0.00% | 15 | 176.71 | 35377 | 14 días | 200.2 | |
| 3 | 0.00% | 15 | 176.71 | 35236 | 14 días | 199.4 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42: Resistencia a compresión a 14 días con 0.50% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.50% | 15 | 176.71 | 41562 | 14 días | 235.2 | 233.1kg/cm ² |
| 2 | 0.50% | 15 | 176.71 | 41226 | 14 días | 233.3 | |
| 3 | 0.50% | 15 | 176.71 | 40785 | 14 días | 230.8 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: Resistencia a compresión a 14 días con 1.00% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 1.00% | 15 | 176.71 | 37957 | 14 días | 214.8 | 214.4 kg/cm ² |
| 2 | 1.00% | 15 | 176.71 | 37728 | 14 días | 213.5 | |
| 3 | 1.00% | 15 | 176.71 | 37975 | 14 días | 214.9 | |

Fuente: Elaboración propia.

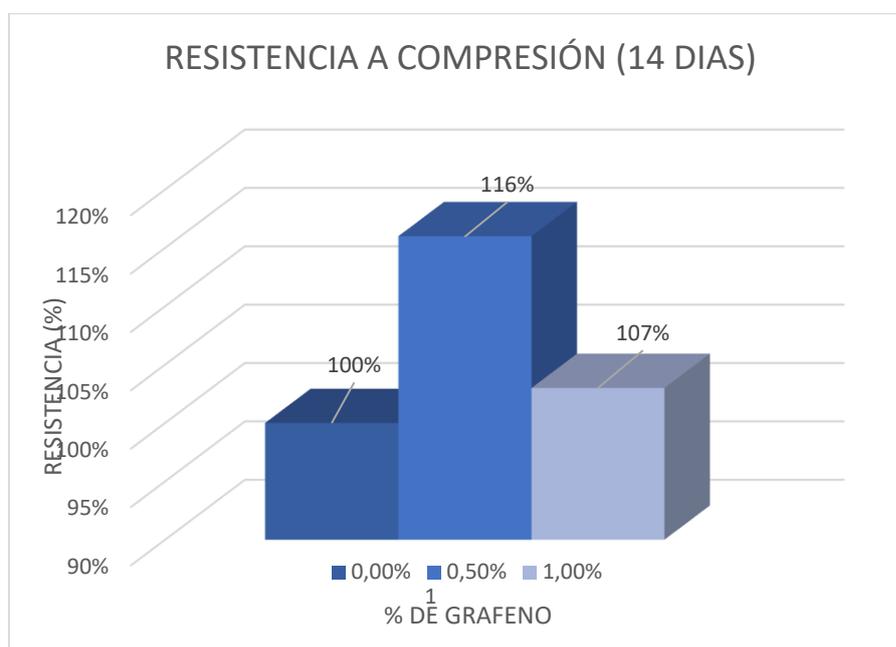


Figura 27: Resistencia a compresión a 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de 14 días las probetas también se sometieron al ensayo de exposición a sulfato donde el concreto con 0,50% de grafeno obtuvo un 116% y el concreto con 1,00% de grafeno aumento en 107%, ambos con respecto a la muestra patrón.

4.6.3 Resistencia a compresión 28 días NTP 339.034

Luego de que las muestras fueron sometidas al ensayo de exposición a sulfato se realizó el ensayo de resistencia a compresión a la edad de 28 días del concreto

patrón, concreto con 0.5% de grafeno y concreto con 1%, los resultados se pueden observar en la tabla 44, 45 y 46.

Tabla 44: Resistencia a compresión a 28 días del concreto patrón.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.00% | 15 | 176.7 | 36879 | 28 días | 208.7 | 208.8 kg/cm ² |
| 2 | 0.00% | 15 | 176.7 | 36897 | 28 días | 208.8 | |
| 3 | 0.00% | 15 | 176.7 | 36950 | 28 días | 209.1 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Resistencia a compresión a 28 días con 0.50% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.50% | 15 | 176.7 | 46634 | 28 días | 263.9 | 265.1 kg/cm ² |
| 2 | 0.50% | 15 | 176.7 | 47164 | 28 días | 266.9 | |
| 3 | 0.50% | 15 | 176.7 | 46740 | 28 días | 264.5 | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Resistencia a compresión a 28 días con 1.00% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 1.00% | 15 | 176.71 | 43683 | 28 días | 247.2 | 246.4 kg/cm ² |
| 2 | 1.00% | 15 | 176.71 | 43541 | 28 días | 246.4 | |
| 3 | 1.00% | 15 | 176.71 | 43435 | 28 días | 245.8 | |

Fuente: Elaboración propia.

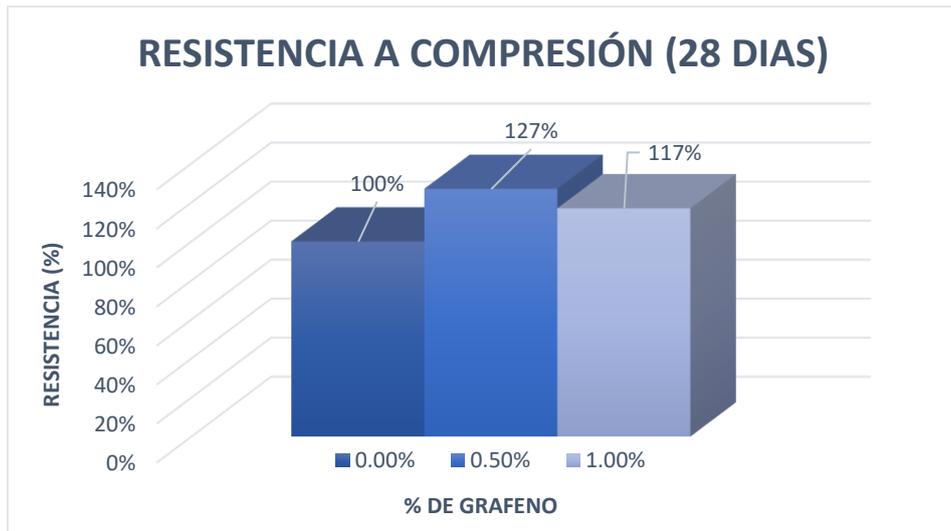


Figura 28: Resistencia a compresión a 28 días.

Fuente: Elaboración propia

Luego de 28 días las probetas también se sometieron al ensayo de exposición a sulfato donde el concreto con 0,50% de grafeno obtuvo un 127% y el concreto con 1,00% de grafeno aumento en 117%, ambos con respecto a la muestra patrón.

Luego de obtener los resultados de los 7,14 y 28 días se realizó un resumen de resultados de resistencia a compresión de las probetas después de ser expuestas a sulfato de magnesio ver la figura 29.

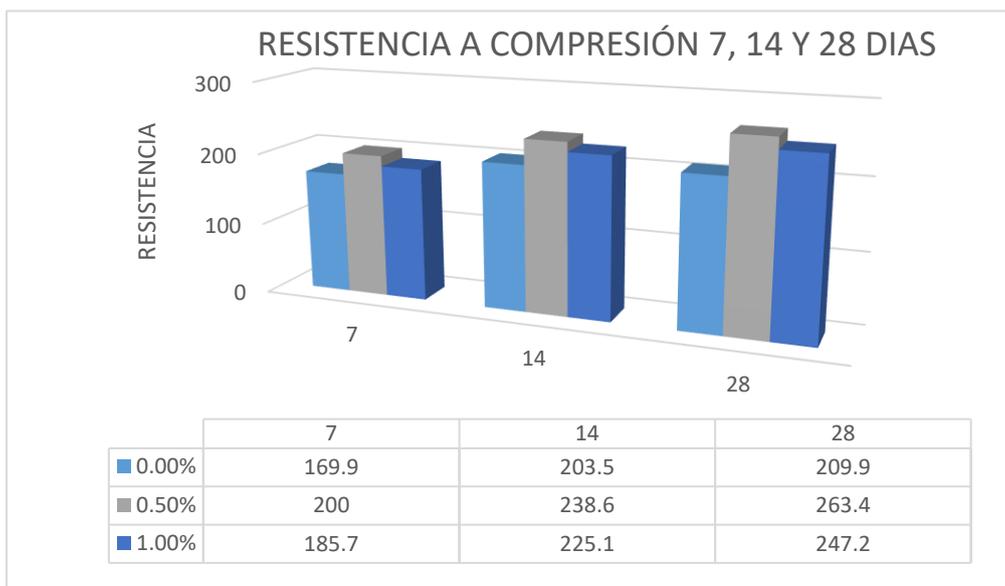


Figura 29. Resumen de resultados de los 7,14 y 28 días

Fuente: Elaboración propia

Se observa que a los 28 días el concreto con 0.50% de grafeno obtuvo la mayor resistencia a la compresión con 263.4 Kg/cm² luego de ser dañada por la exposición a sulfato de magnesio.

4.7 Ensayo de Durabilidad del Concreto Expuesto a congelación y deshielo (ASTM C-666)

Este ensayo se realizó con el método del ASTM C666 que tiene como finalidad llevar a las muestras al ensayo de resistencia a compresión luego ser sometidas a ciclos de congelación y deshielo.

De esta manera se determinará la descomposición e inalterabilidad de las probetas de concreto mediante el cambio de temperatura a los 7, 14 y 28 días luego de ser vaciados en los moldes de las probetas. El procedimiento presente es adecuado a la línea de investigación que se indica, tiene como fin determinar su durabilidad a la alteración y disgregación de las muestras ante los frecuentes ciclos de gradiente térmica que se somete al concreto. El proceso consta de llevar a las probetas a 5 ciclos de congelación y deshielo para medir y observar el daño que genera el ensayo. Primero se realiza colocando las muestras patrón y con grafeno a una congeladora con el sistema de congelación por aire a una temperatura de -25°C, previamente antes de la congelación las probetas son sumergidas en agua por 5 minutos para que los macros y nano poro estén repleto con este líquido. Las probetas se someterán a una congelación por 6 horas, ver figura 30.

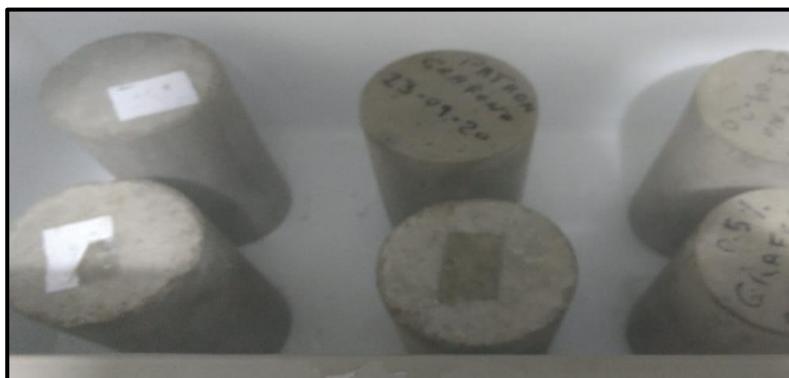


Figura 30: Período de congelación de la muestra.

Fuente: Elaboración propia

Se sometieron 3 muestras patrón, 3 muestras con 0,50% de grafeno y 3 muestra con 1,00% con respecto al peso del cemento a congelación, previamente de ser sumergidas en agua por unos minutos.

4.7.1 Ensayo de Durabilidad del Concreto Expuesto a congelación y deshielo 7 días

La muestra patrón y las muestras con 0,50% y 1,00% con grafeno con respecto al peso del cemento son sometidas a las horas y temperatura estandarizada por norma ASTM C666 y a los ciclos requeridos según el investigador, el cuales estos datos son recolectados en siguiente ficha de la tabla 47.

Tabla 47: Probetas sometidas a congelación a los 7 días.

| PROBETAS ENSAYADAS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO | | | | | |
|---|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------|
| CONGELAMIENTO | EDAD ANTES DEL CONGELAMIENTO | HORAS DE CONGELACIÓN POR CICLO | TEMPERATURA ALCANZADA (°C) | CANTIDAD DE GRAFENO (%) | PROBETAS |
| | 7 | 6 | -25 | 0.00% | 1P |
| | 7 | 6 | -25 | 0.00% | 2P |
| | 7 | 6 | -25 | 0.00% | 3P |
| | 7 | 6 | -25 | 0.50% | 1G-0.5 |
| | 7 | 6 | -25 | 0.50% | 2G-0.5 |
| | 7 | 6 | -25 | 0.50% | 3G-0.5 |
| | 7 | 6 | -25 | 1.00% | 1G-1.0 |
| | 7 | 6 | -25 | 1.00% | 2G-1.0 |
| 7 | 6 | -25 | 1.00% | 3G-1.0 | |
| 5 CICLOS REALIZADO | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla indica los datos de las muestras y los parámetros que se realizaron para el ensayo de exposición a congelación y deshielo a los 7 días.

Luego se procedió a retirar las probetas de la congeladora, se procede a dejar a temperatura ambiente por 1 hora, se continuar llevando las muestras al horno a temperatura de 40°C durante 2 horas. Se considera tener la temperatura del horno

adecuada media hora antes de insertar las probetas en el equipo de calentamiento, como se aprecia en la tabla 48.

Tabla 48: Probetas sometidas a deshielo a los 7 días.

| PROBETAS ENSAYADAS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO | | | | | |
|---|------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|----------|
| | EDAD ANTES DEL CONGELAMIENTO | HORAS DE SECADO POR CICLO | TEMPERATURA ALCANZADA (°C) | CANTIDAD DE GRAFENO | PROBETAS |
| Deshielo | 7 | 2 | 40 | 0.00% | 1P |
| | 7 | 2 | 40 | 0.00% | 2P |
| | 7 | 2 | 40 | 0.00% | 3P |
| | 7 | 2 | 40 | 0.50% | 1G-0.5 |
| | 7 | 2 | 40 | 0.50% | 2G-0.5 |
| | 7 | 2 | 40 | 0.50% | 3G-0.5 |
| | 7 | 2 | 40 | 1.00% | 1G-1.0 |
| | 7 | 2 | 40 | 1.00% | 2G-1.0 |
| | 7 | 2 | 40 | 1.00% | 3G-1.0 |
| 5 CICLOS REALIZADO | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla indica los datos de las muestras y los parámetros que se realizaron para el ensayo de exposición a congelación y deshielo a los 7 días.

Se lleva registro de la temperatura en el horno, la nomenclatura de las probetas y las horas que se sometieron al secado, como se puede apreciar en la tabla 48, Se retira del horno para posteriormente estar en reposo a temperatura ambiente por 1 hora, para luego repetir el ciclo de cambio de temperatura. Los períodos de congelación y deshielo se realizan 5 veces a las mismas muestras.

4.7.2 Ensayo de Durabilidad del Concreto Expuesto a congelación y deshielo 14 días

El concreto en edad de 14 días también fueron sometidas a al ensayo del ASTM C666 que se menciona su procedimiento anteriormente como la congelación a una temperatura requerida y el secado en horno con la temperatura mencionada en la norma, el cual los datos con el que se llevó este ensayo fueron recolectados en la

siguiente ficha de recolección como se parecía en las siguientes tablas de 49 y tabla 50.

Tabla 49: Probetas sometidas a congelación a los 14 días.

| PROBETAS ENSAYADAS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO | | | | | |
|---|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------|
| CONGELAMIENTO | EDAD ANTES DEL CONGELAMIENTO | HORAS DE CONGELACIÓN POR CICLO | TEMPERATURA ALCANZADA (°C) | CANTIDAD DE GRAFENO (%) | PROBETAS |
| | 14 | 6 | -25 | 0.00% | 1P |
| | 14 | 6 | -25 | 0.00% | 2P |
| | 14 | 6 | -25 | 0.00% | 3P |
| | 14 | 6 | -25 | 0.50% | 1G-0.5 |
| | 14 | 6 | -25 | 0.50% | 2G-0.5 |
| | 14 | 6 | -25 | 0.50% | 3G-0.5 |
| | 14 | 6 | -25 | 1.00% | 1G-1.0 |
| | 14 | 6 | -25 | 1.00% | 2G-1.0 |
| | 14 | 6 | -25 | 1.00% | 3G-1.0 |
| 5 CICLOS REALIZADO | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla indica los datos de las muestras y los parámetros que se realizaron para el ensayo de exposición a congelación y deshielo a los 14 días.

Tabla 50: Probetas sometidas a deshielo a los 14 días.

| PROBETAS ENSAYADAS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO | | | | | |
|---|------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|----------|
| Deshielo | EDAD ANTES DEL CONGELAMIENTO | HORAS DE SECADO POR CICLO | TEMPERATURA ALCANZADA (°C) | CANTIDAD DE GRAFENO | PROBETAS |
| | 14 | 2 | 40 | 0.00% | 1P |
| | 14 | 2 | 40 | 0.00% | 2P |
| | 14 | 2 | 40 | 0.00% | 3P |
| | 14 | 2 | 40 | 0.50% | 1G-0.5 |
| | 14 | 2 | 40 | 0.50% | 2G-0.5 |
| | 14 | 2 | 40 | 0.50% | 3G-0.5 |
| | 14 | 2 | 40 | 1.00% | 1G-1.0 |
| | 14 | 2 | 40 | 1.00% | 2G-1.0 |
| | 14 | 2 | 40 | 1.00% | 3G-1.0 |
| 5 CICLOS REALIZADO | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla indica los datos de las muestras y los parámetros que se realizaron para el ensayo de exposición a congelación y deshielo a los 14 días.

Se lleva registro de la temperatura en el horno, la nomenclatura de las probetas y las horas que se sometieron al secado, como se puede apreciar en la tabla 50, Se retira del horno para posteriormente estar en reposo a temperatura ambiente por 1 hora, para luego repetir el ciclo de cambio de temperatura. Los períodos de congelación y deshielo se realizan 5 veces a las mismas muestras.

4.7.3 Ensayo de Durabilidad del Concreto Expuesto a congelación y deshielo 28 días

El concreto en edad de 28 días también fueron sometidas a al ensayo del ASTM C666 que se menciona su procedimiento anteriormente como la congelación a una temperatura requerida y el secado en horno con la temperatura mencionada en la norma, el cual los datos con el que se llevó este ensayo fueron recolectados en la siguiente ficha de recolección como se parecía en las siguientes tablas de 51 y tabla 52.

Tabla 51: Probetas sometidas a congelación a los 28 días.

| PROBETAS ENSAYADAS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO | | | | | |
|---|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------|
| CONGELAMIENTO | EDAD ANTES DEL CONGELAMIENTO | HORAS DE CONGELACIÓN POR CICLO | TEMPERATURA ALCANZADA (°C) | CANTIDAD DE GRAFENO (%) | PROBETAS |
| | 14 | 6 | -25 | 0.00% | 1P |
| | 14 | 6 | -25 | 0.00% | 2P |
| | 14 | 6 | -25 | 0.00% | 3P |
| | 14 | 6 | -25 | 0.50% | 1G-0.5 |
| | 14 | 6 | -25 | 0.50% | 2G-0.5 |
| | 14 | 6 | -25 | 0.50% | 3G-0.5 |
| | 14 | 6 | -25 | 1.00% | 1G-1.0 |
| | 14 | 6 | -25 | 1.00% | 2G-1.0 |
| 14 | 6 | -25 | 1.00% | 3G-1.0 | |
| 5 CICLOS REALIZADO | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Esta tabla indica los datos de las muestras y los parámetros que se realizaron para el ensayo de exposición a congelación y deshielo a los 28 días.

Luego se procedió a retirar las probetas de la congeladora, se procede a dejar a temperatura ambiente por 1 hora, se continúan llevando las muestras al horno a temperatura de 40°C durante 2 horas. Se considera tener la temperatura del horno adecuada media hora antes de insertar las probetas en el equipo de calentamiento, como se aprecia en la tabla 52.

Tabla 52: Probetas sometidas a deshielo a los 28 días.

| PROBETAS ENSAYADAS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO | | | | | |
|---|------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|----------|
| | EDAD ANTES DEL CONGELAMIENTO | HORAS DE SECADO POR CICLO | TEMPERATURA ALCANZADA (°C) | CANTIDAD DE GRAFENO | PROBETAS |
| Deshielo | 28 | 2 | 40 | 0.00% | 1P |
| | 28 | 2 | 40 | 0.00% | 2P |
| | 28 | 2 | 40 | 0.00% | 3P |
| | 28 | 2 | 40 | 0.50% | 1G-0.5 |
| | 28 | 2 | 40 | 0.50% | 2G-0.5 |
| | 28 | 2 | 40 | 0.50% | 3G-0.5 |
| | 28 | 2 | 40 | 1.00% | 1G-1.0 |
| | 28 | 2 | 40 | 1.00% | 2G-1.0 |
| | 28 | 2 | 40 | 1.00% | 3G-1.0 |
| 5 CICLOS REALIZADO | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla indica los datos de las muestras y los parámetros que se realizaron para el ensayo de exposición a congelación y deshielo a los 28 días.

4.8 Ensayo de Resistencia a Compresión NTP 339.034

Como finalidad del ensayo las muestras son sometidas a compresión para determinar el porcentaje del cambio térmico que afecta la durabilidad del concreto, como se observa en la figura 31.



Figura 31: Ensayo a compresión de muestras cilíndricas.

Fuente: Elaboración propia.

4.8.1 Resistencia a compresión 7 días NTP 339.034

Luego de que las muestras fueron sometidas al ensayo de exposición a congelación y deshielo (ASTM C666) se realizó el ensayo de resistencia a compresión a la edad de 7 días del concreto patrón, concreto con 0.5% de grafeno y concreto con 1%, los resultados se pueden observar en la tabla 53,54 y 55.

Tabla 53: Resistencia a compresión a 7 días del concreto patrón.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|--------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.00% | 15 | 176.7 | 30164 | 7 días | 168,4 | 169.9 kg/cm ² |
| 2 | 0.00% | 15 | 176.7 | 31299 | 7 días | 172,5 | |
| 3 | 0.00% | 15 | 176.7 | 29871 | 7 días | 169 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Resistencia a compresión a 7 días con 0.50% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|--------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.50% | 15 | 176.7 | 34352 | 7 días | 194.4 | 200 kg/cm ² |
| 2 | 0.50% | 15 | 176.7 | 35307 | 7 días | 199.8 | |
| 3 | 0.50% | 15 | 176.7 | 36367 | 7 días | 205.8 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55: Resistencia a compresión a 7 días con 1.00% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|--------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 1.00% | 15 | 176.7 | 32797 | 7 días | 185.6 | 185.7 kg/cm ² |
| 2 | 1.00% | 15 | 176.7 | 32532 | 7 días | 184.1 | |
| 3 | 1.00% | 15 | 176.7 | 33133 | 7 días | 187.5 | |

Fuente: Elaboración propia.

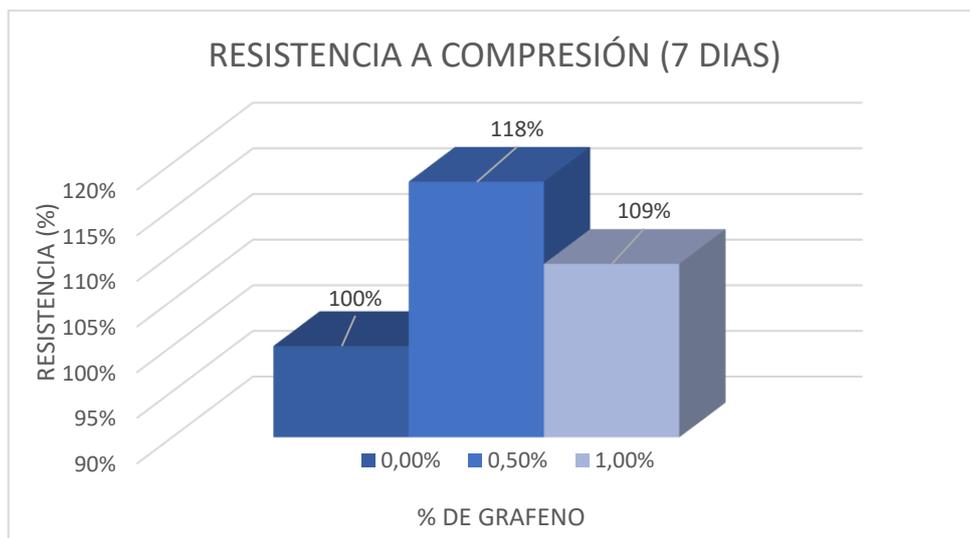


Figura 32: Resistencia a compresión a 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que a los 7 días hay un incremento en la resistencia a compresión en comparación del concreto patrón, obteniendo una mejora con la incorporación de 0,50% de grafeno logrando una mejorar 118% con respecto al concreto patrón y al añadiendo 1,00% de grafeno se incrementa un 109% en su resistencia con respecto al concreto base.

4.8.2 Resistencia a compresión 14 días NTP 339.034

Luego de que las muestras fueron sometidas al ensayo de exposición a congelación y deshielo (ASTM C666) se realizó el ensayo de resistencia a compresión a la edad de 7 días del concreto patrón, concreto con 0.5% de grafeno y concreto con 1%, los resultados se pueden observar en la tabla 56,57 y 58.

Tabla 56: Resistencia a compresión a 14 días del concreto patrón.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.00% | 15 | 176.71 | 35943 | 14 días | 203.4 | 203.5 kg/cm ² |
| 2 | 0.00% | 15 | 176.71 | 36332 | 14 días | 205.6 | |
| 3 | 0.00% | 15 | 176.71 | 35625 | 14 días | 201.6 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57: Resistencia a compresión a 14 días con 0.50% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.50% | 15 | 176.71 | 41598 | 14 días | 235,4 | 238,6 kg/cm ² |
| 2 | 0.50% | 15 | 176.71 | 42375 | 14 días | 239,8 | |
| 3 | 0.50% | 15 | 176.71 | 42516 | 14 días | 240,6 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58: Resistencia a compresión a 14 días con 1.00% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 1.00% | 15 | 176.7 | 39477 | 14 días | 223.4 | 225.1 kg/cm ² |
| 2 | 1.00% | 15 | 176.7 | 39989 | 14 días | 226.3 | |
| 3 | 1.00% | 15 | 176.7 | 39866 | 14 días | 225.6 | |

Fuente: Elaboración propia.

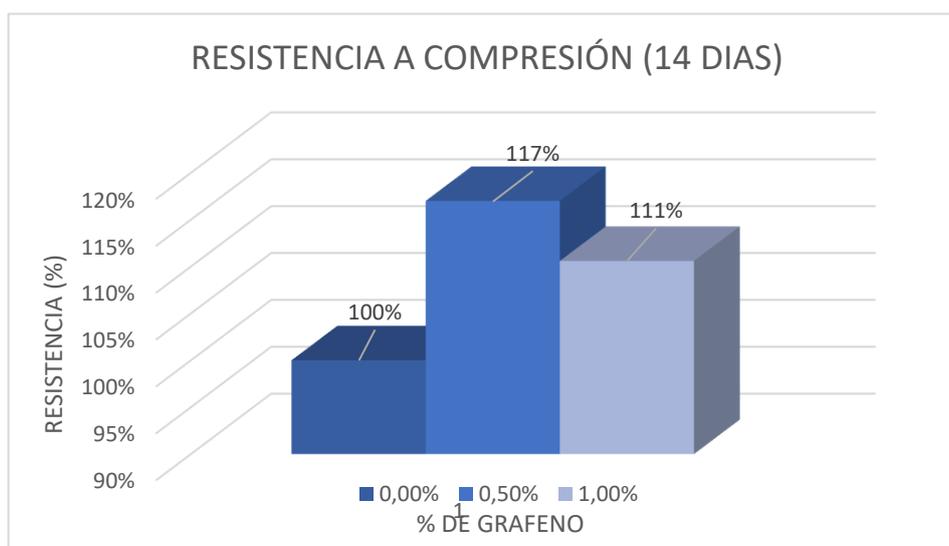


Figura 33: Resistencia a compresión a 14 días.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que a los 14 días hay un incremento en la resistencia a compresión en comparación del concreto patrón, obteniendo una mejora con la incorporación de 0,50% de grafeno logrando una mejoría de 117% con respecto al concreto patrón y al añadiendo 1,00% de grafeno se incrementa un 111% en su resistencia.

4.8.3 Resistencia a compresión 28 días NTP 339.034

Luego de que las muestras fueron sometidas al ensayo de exposición a congelación y deshielo (ASTM C666) se realizó el ensayo de resistencia a compresión a la edad de 7 días del concreto patrón, concreto con 0.5% de grafeno y concreto con 1%, los resultados se pueden observar en la tabla 59,60 y 61.

Tabla 59: Resistencia a compresión a 28 días del concreto patrón.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.00% | 15 | 176.7 | 37074 | 28 días | 209.8 | 209.9 kg/cm ² |
| 2 | 0.00% | 15 | 176.7 | 37091 | 28 días | 209.9 | |
| 3 | 0.00% | 15 | 176.7 | 37127 | 28 días | 210.1 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60: Resistencia a compresión a 28 días con 0.50% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 0.50% | 15 | 176.7 | 46899 | 28 días | 265.4 | 263.4 kg/cm ² |
| 2 | 0.50% | 15 | 176.7 | 45998 | 28 días | 260.3 | |
| 3 | 0.50% | 15 | 176.7 | 46740 | 28 días | 264.5 | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61: Resistencia a compresión a 28 días con 1.00% de grafeno.

| Muestra | % Grafeno | Diámetro Media (cm) | Área Media (cm ²) | Fuerza Máxima (kg) | Edad | Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | Esfuerzo Máximo Promedio |
|---------|-----------|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 1.00% | 15 | 176.71 | 43895 | 28 días | 248.4 | 247.2 kg/cm ² |
| 2 | 1.00% | 15 | 176.71 | 43435 | 28 días | 245.8 | |
| 3 | 1.00% | 15 | 176.71 | 43753 | 28 días | 247.6 | |

Fuente: Elaboración propia.

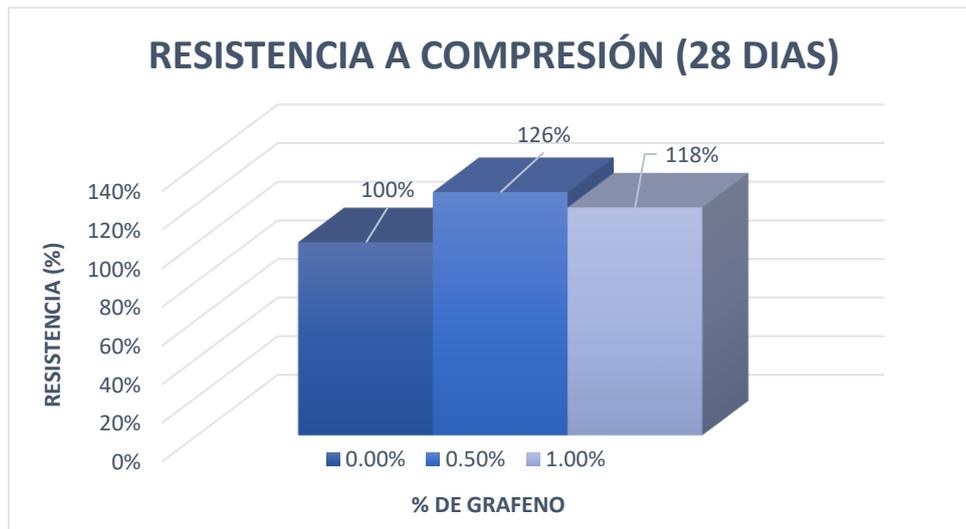


Figura 34: Resistencia a compresión a 28 días.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que a los 28 días hay un incremento en la resistencia a compresión en comparación del concreto patrón, obteniendo una mejora con la incorporación de 0,50% de grafeno logrando una mejorar 126% con respecto al concreto patrón y al añadiendo 1,00%de grafeno se incrementa un 118% en su resistencia.

Luego de obtener los resultados de los 7,14 y 28 días se realizó un resumen de resultados de resistencia a compresión de las probetas después de ser expuestas a sulfato de magnesio ver la figura 35.

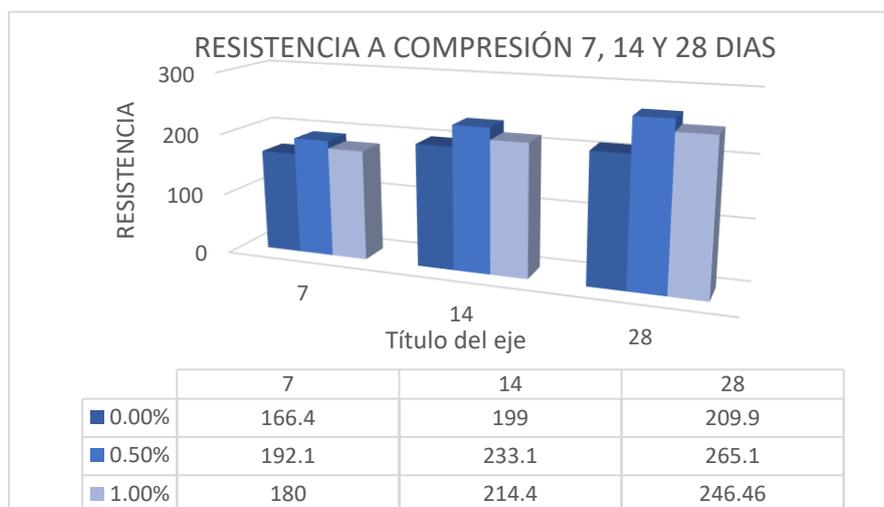


Figura 35: Resumen de resultados de los 7,14 y 28 días

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que a los 28 días de fraguado y luego de ser dañados por congelación y deshielo el concreto con 0.50% de grafeno obtuvo la mayor resistencia a compresión con 265.1 Kg/cm² claramente superior al concreto patrón.

4.9 Prueba de hipótesis (Durabilidad ante la exposición a sulfato)

Para poder realizar la comprobación de nuestra hipótesis se realizó el procesamiento de datos, del ensayo de durabilidad ante la exposición a sulfato adicionando grafeno con los porcentajes de 0.50% y 1.00%

Prueba de hipótesis del ensayo de exposición a sulfato de magnesio de la mezcla patrón con respecto a la mezcla con 0.50% y 1.00% de grafeno.

Hipótesis Nula: La adición de 0.50% y 1.00% de grafeno en la mezcla de concreto no influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm² expuesto a sulfato.

Hipótesis Alternativa: La adición de 0.50% y 1.00% de grafeno en la mezcla de concreto influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm² expuesto a sulfato.

Para validar la hipótesis se optó por un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5%), que sería un intervalo de confianza del 95%. Por ende, la regla de decisión establecida es que si $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula.

Grupo: Exposición a sulfato 0% - Exposición a sulfato 0.50%

La exposición a sulfato logrado con la adición del 0.50% de grafeno. En primer lugar, se realizó la prueba de normalidad de los datos conseguidos en el laboratorio, estos datos organizo en el SPSS como se aprecia en la tabla 62.

Tabla 62: Tabla SPSS

| RESISTENCIA | GRUPO |
|-------------|-------------------------------|
| 208,70 | concreto patrón |
| 208,80 | concreto patrón |
| 209,10 | concreto patrón |
| 263,90 | concreto con 0.50% de grafeno |
| 266,90 | concreto con 0.50% de grafeno |
| 264,50 | concreto con 0.50% de grafeno |

Fuente: Elaboración propia

El introdujo los datos de resistencia a compresión del concreto patrón y el concreto con 0.50% de grafeno luego de ser sometidas al ensayo y de tener 28 días edad.

En la tabla 63 se aprecia la normalidad de las pruebas realizada en el programa SPSS.

Tabla 63: Pruebas de normalidad

| | | Pruebas de normalidad | | | | | |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | GRUPO | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| RESISTENCIA | concreto patrón | ,292 | 3 | . | ,923 | 3 | ,463 |
| | concreto con 0.50% de grafeno | ,314 | 3 | . | ,893 | 3 | ,363 |

Fuente: Elaboración propia

Las muestras al poseer grados de libertad son menores a 30, por ende, se opta por trabajar con Shapiro – Wilk, lo cual podemos apreciar que posee un nivel de significancia para el concreto patrón de 0.463 y para el concreto con 0.50% de grafeno de 0.363, ambos superiores al 0,05, ver tabla 64 por lo que se trabajara con la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes.

A continuación, en la tabla 64 se presenta el cuadro de pruebas de normalidades de las muestras patrón y con contenido de 0.50% de grafeno.

Tabla 64: Cuadro de pruebas de normalidad

| NORMALIDAD (MUESTRAS DE EXPOSICIÓN A SULFATO) | | |
|---|---|-----------------|
| P-PATRÓN = 0.463 | > | $\alpha = 0.05$ |
| P-0.50% GRAFENO = 0.363 | > | $\alpha = 0.05$ |

Fuente: Elaboración propia

El cual esta tabla indica que la variable de exposición a sulfato en ambos grupos se comporta normalmente.

Para llevar a cabo la estadística de grupo se introdujo los dos grupos para que sea analizado por el programa estadístico como se aprecia en la tabla 65.

Tabla 65: Estadística de grupo

| Estadísticas de grupo | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|---|----------|------------------|----------------------|
| GRUPO | | N | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio |
| RESISTENCIA | concreto patrón | 3 | 208,8667 | ,20817 | ,12019 |
| | concreto con 0.50% de grafeno | 3 | 265,1000 | 1,58745 | ,91652 |

Fuente: Elaboración propia

El concreto patrón obtuvo una media de 208.86 kg/cm² y una desviación de error promedio de 0.12 así mismo el concreto con 0.50% de grafeno obtuvo una media de 265.10 kg/cm² con una desviación de error promedio de 0.91.

Tabla 66: Prueba de muestras independiente

| Prueba de muestras independientes | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|------|---------|-------------------------------------|------------------|----------------------|------------------------------|--|-----------|
| | | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | |
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| RESISTENCIA | Se asumen varianzas iguales | 8,916 | ,040 | -60,835 | 4 | ,000 | -56,23333 | ,92436 | -58,79977 | -53,66689 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -60,835 | 2,069 | ,000 | -56,23333 | ,92436 | -60,08651 | -52,38016 |

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que según la prueba de Levene hay una significancia de 0.40 que es menor que 0.05 por lo tanto no se asume varianzas iguales, así mismo se puede observar un margen de error de significancia bilateral de 0.000000437 y 0,000213 (ambos menores al 0.05 obteniendo la conclusión de que la adición del 0.50% de grafeno en la mezcla de concreto influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm² expuesto a sulfato.

Grupo: Exposición a sulfato 0% - Exposición a sulfato 1.00%

La exposición a sulfato logrado con la adición del 1.00% de grafeno. En primer lugar, se efectuó la prueba de normalidad de los datos conseguidos en el laboratorio, estos datos fueron colocados en el programa SPSS para su posterior análisis como se observa en la tabla 67.

Tabla 67: Tabla SPSS

| RESISTENCIA | GRUPO |
|-------------|-------------------------------|
| 208,70 | concreto patrón |
| 208,80 | concreto patrón |
| 209,10 | concreto patrón |
| 247,20 | concreto con 1.00% de grafeno |
| 246,40 | concreto con 1.00% de grafeno |
| 246,80 | concreto con 1.00% de grafeno |

Fuente: Elaboración propia

El programa brinda los siguientes resultados de la prueba de normalidad como se aprecia en la tabla 68.

Tabla 68: Tabla de prueba normalidad

| | | Pruebas de normalidad | | | | | |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|-------|
| | | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| RESISTENCIA | GRUPO | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| | concreto patrón | ,292 | 3 | . | ,923 | 3 | ,463 |
| | concreto con 1.00% de grafeno | ,175 | 3 | . | 1,000 | 3 | 1,000 |

Fuente: Elaboración propia

Las muestras al poseer grados de libertad son menores a 30, por ende, se opta por trabajar con Shapiro – Wilk, lo cual podemos apreciar que posee un nivel de significancia para el concreto patrón de 0.463 y para el concreto con 0.50% de grafeno de 1.000, ambos superiores al 0,05, ver tabla 69 por lo que se trabajara con la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes.

Tabla 69: Cuadro de pruebas de normalidad

| NORMALIDAD (MUESTRAS DE EXPOSICIÓN A SULFATO) | | |
|--|---|-----------------|
| P-PATRON = 0.463 | > | $\alpha = 0.05$ |
| P-0.50% GRAFENO = 1.000 | > | $\alpha = 0.05$ |
| CONCLUSIÓN: La variable de exposición a sulfato en ambos grupos se comporta normalmente. | | |

Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo la estadística de grupo se introdujo los dos grupos para que sea analizado por el programa estadístico como se aprecia en la tabla 70.

Tabla 70: Estadística de grupo

| Estadísticas de grupo | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|---|----------|------------------|----------------------|
| | GRUPO | N | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio |
| RESISTENCIA | concreto patrón | 3 | 208,8667 | ,20817 | ,12019 |
| | concreto con 1.00% de grafeno | 3 | 246,8000 | ,40000 | ,23094 |

Fuente: Elaboración propia

El concreto patrón obtuvo una media de 208.86 kg/cm² y una desviación de error promedio de 0.12 así mismo el concreto con 0.50% de grafeno obtuvo una media de 246.80 kg/cm² con una desviación de error promedio de 0.23.

Tabla 71: Prueba de muestras independiente

| | | Prueba de muestras independientes | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------|---|------|----------|-------------------------------------|------------------|----------------------|------------------------------|--|-----------|
| | | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | | prueba t para la igualdad de medias | | | | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | F | Sig. | t | gl. | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | Inferior | Superior |
| RESISTENCIA | Se asumen varianzas iguales | ,613 | ,477 | -145,706 | 4 | ,000 | -37,93333 | ,26034 | -38,65616 | -37,21051 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -145,706 | 3,009 | ,000 | -37,93333 | ,26034 | -38,76041 | -37,10626 |

P Valor = 0.000

<

$\alpha = 0.05$

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que según la prueba de Levene hay una significancia de 0.47 que es mayor que 0.05 por lo tanto se asume varianzas iguales, así mismo se puede observar un margen de error de significancia bilateral de 0.0000000133 y 0,000000687 (ambos menores al 0.05 obteniendo la conclusión de que la adición del 1.00% de grafeno en la mezcla de concreto influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm² expuesto a sulfato.

4.10 Prueba de hipótesis (Durabilidad ante la congelación y deshielo)

Para poder realizar la comprobación de nuestra hipótesis se realizó el procesamiento de datos, del ensayo de durabilidad ante la congelación y deshielo adicionando grafeno con los porcentajes de 0.50% y 1.00%.

Prueba de hipótesis del ensayo de exposición a congelación y deshielo de la mezcla patrón con respecto a la mezcla con 0.50% y 1.00% de grafeno.

Hipótesis Nula: La adición de 0.50% y 1.00% de grafeno en la mezcla de concreto no influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm² expuesto a congelación y deshielo.

Hipótesis Alternativa: La adición de 0.50% y 1.00% de grafeno en la mezcla de concreto influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm² expuesto a congelación y deshielo.

Para validar la hipótesis se optó por un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5%), que sería un intervalo de confianza del 95%. Por ende, la regla de decisión establecida es que si $p < 0.05$ se rechaza la hipótesis nula.

Grupo: Exposición a Congelación y deshielo 0% - Exposición a Congelación y deshielo 0.50%

La exposición a congelación y deshielo logrado con la adición del 0.50% de grafeno. En primer lugar, se efectuó la prueba de normalidad de los datos conseguidos en el laboratorio los cuales fueron organizados y colocados en el programa SPSS para su posterior análisis como se aprecia en tabla 72.

Tabla 72: Tabla SPSS

| RESISTENCIA | GRUPO |
|-------------|-------------------------------|
| 209,80 | concreto patrón |
| 209,90 | concreto patrón |
| 210,10 | concreto patrón |
| 265,40 | concreto con 0.50% de grafeno |
| 260,30 | concreto con 0.50% de grafeno |
| 264,50 | concreto con 0.50% de grafeno |

Fuente: Elaboración propia

El programa brinda los siguientes resultados de la prueba de normalidad como se aprecia en la tabla 73.

Tabla 73: Prueba de normalidad

| Pruebas de normalidad | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| GRUPO | RESISTENCIA | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| | concreto patrón | ,253 | 3 | . | ,964 | 3 | ,637 |
| | concreto con 0.50% de grafeno | ,324 | 3 | . | ,878 | 3 | ,317 |

Fuente: Elaboración propia

Las muestras al poseer grados de libertad son menores a 30, por ende, se opta por trabajar con Shapiro – Wilk, lo cual podemos apreciar que posee un nivel de significancia para el concreto patrón de 0.637 y para el concreto con 0.50% de grafeno de 0.317, ambos superiores al 0.05, ver tabla 74 por lo que se trabajara con la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes.

Tabla 74: Cuadro de pruebas de normalidad

| NORMALIDAD (MUESTRAS DE EXPOSICIÓN A SULFATO) | | |
|--|---|-----------------|
| P-PATRON = 0.637 | > | $\alpha = 0.05$ |
| P-0.50% GRAFENO = 0.317 | > | $\alpha = 0.05$ |
| CONCLUSIÓN: La variable de exposición a sulfato en ambos grupos se comporta normalmente. | | |

Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo el análisis del grupo en el programa se introduce los datos de ambos grupos para ser analizados, ver tabla 75.

Tabla 75: Estadística de grupo

| Estadísticas de grupo | | | | | |
|------------------------------|-------------------------------|---|----------|------------------|----------------------|
| | GRUPO | N | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio |
| RESISTENCIA | concreto patrón | 3 | 209,9333 | ,15275 | ,08819 |
| | concreto con 0.50% de grafeno | 3 | 263,4000 | 2,72213 | 1,57162 |

Fuente: Elaboración propia

El concreto patrón obtuvo una media de 209.93 kg/cm² y una desviación de error promedio de 0.08 así mismo el concreto con 0.50% de grafeno obtuvo una media de 263.40 kg/cm² con una desviación de error promedio de 1.57.

Tabla 76: Prueba de muestras independiente

| Prueba de muestras independientes | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|-----------|
| | | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| RESISTENCIA | Se asumen varianzas iguales | 11,380 | ,028 | -33,967 | 4 | ,000 | -53,46667 | 1,57410 | -57,83706 | -49,09628 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -33,967 | 2,013 | ,001 | -53,46667 | 1,57410 | -60,19900 | -46,73434 |

| | | |
|-----------------|---|-----------------|
| P Valor = 0.000 | < | $\alpha = 0.05$ |
|-----------------|---|-----------------|

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que según la prueba de Levene hay una significancia de 0.028 que es menor que 0.05 por lo tanto no se asume varianzas iguales, así mismo se puede observar un margen de error de significancia bilateral de 0,000004 y 0,001 (ambos menores al 0.05 obteniendo la conclusión de que la adición del 0.50% de grafeno en la mezcla de concreto influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm² expuesto a congelación y deshielo.

Grupo: Exposición a Congelación y deshielo 0% - Exposición a Congelación y deshielo 1.00%

La explosión a congelación y deshielo logrado con la adición del 1.00% de grafeno. En primer lugar, se efectuó la prueba de normalidad de los datos conseguidos en el laboratorio, estos datos fueron colocados en el programa SPSS para su posterior análisis como se observa en la tabla 77.

Tabla 77: Tabla SPSS

| RESISTENCIA | GRUPO |
|-------------|-------------------------------|
| 209,80 | concreto patrón |
| 209,90 | concreto patrón |
| 210,10 | concreto patrón |
| 248,40 | concreto con 1.00% de grafeno |
| 245,80 | concreto con 1.00% de grafeno |
| 247,60 | concreto con 1.00% de grafeno |

Fuente: Elaboración propia

El programa brinda los siguientes resultados de la prueba de normalidad como se aprecia en la tabla 78.

Tabla 78: Prueba de normalidad

| Pruebas de normalidad | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| GRUPO | | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| RESISTENCIA | concreto patrón | ,253 | 3 | . | ,964 | 3 | ,637 |
| | concreto con 1.00% de grafeno | ,265 | 3 | . | ,953 | 3 | ,583 |

Fuente: Elaboración propia

Las muestras al poseer grados de libertad son menores a 30, por ende, se opta por trabajar con Shapiro – Wilk, lo cual podemos apreciar que posee un nivel de significancia para el concreto patrón de 0.637 y para el concreto con 0.50% de grafeno de 0.583, ambos superiores al 0.05, ver tabla 74 por lo que se trabajara con la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes

Tabla 79: Cuadro de pruebas de normalidad

| NORMALIDAD (MUESTRAS DE EXPOSICIÓN A SULFATO) | | |
|--|---|----------------|
| P-PATRON=0.637 | > | $\alpha= 0.05$ |
| P-0.50% GRAFENO=0.583 | > | $\alpha=0.05$ |
| CONCLUSIÓN: | | |
| La variable de exposición a sulfato en ambos grupos se comporta normalmente. | | |

Fuente: Elaboración propia

Para llevar a cabo el análisis del grupo en el programa se introduce los datos de ambos grupos para ser analizados, ver tabla 80.

Tabla 80: Estadística de grupo

| Estadísticas de grupo | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|---|----------|------------------|----------------------|
| | GRUPO | N | Media | Desv. Desviación | Desv. Error promedio |
| RESISTENCIA | concreto patrón | 3 | 209,9333 | ,15275 | ,08819 |
| | concreto con 1.00% de grafeno | 3 | 247,2667 | 1,33167 | ,76884 |

Fuente: Elaboración propia

El concreto patrón obtuvo una media de 209.93 kg/cm² y una desviación de error promedio de 0.08 así mismo el concreto con 0.50% de grafeno obtuvo una media de 247.26 kg/cm² con una desviación de error promedio de 1.57.

En la tabla 81 obtenida el análisis del SPSS donde brinda datos de la prueba independiente.

Tabla 81: Prueba de muestras independiente

| Prueba de muestras independientes | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|-----------|
| | | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| RESISTENCIA | Se asumen varianzas iguales | 6,549 | ,063 | -48,242 | 4 | ,000 | -37,33333 | ,77388 | -39,48197 | -35,18470 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -48,242 | 2,053 | ,000 | -37,33333 | ,77388 | -40,58259 | -34,08408 |

| | | |
|---------------|---|----------------|
| P Valor=0.000 | < | α =0.05 |
|---------------|---|----------------|

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que según la prueba de Levene hay una significancia de 0.63 que es mayor que 0.05 por lo tanto se asume varianzas iguales, así mismo se puede observar un margen de error de significancia bilateral de 0,000001 y 0,000363 (ambos menores al 0.05 obteniendo la conclusión de que la adición del 1.00% de grafeno en la mezcla de concreto influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm² expuesto a congelación y deshielo.

V. DISCUSIÓN

Según los resultados de laboratorios ejecutados en los siguientes ensayos: exposición a sulfatos, exposición a congelación y deshielo y resistencia a compresión, fueron realizados en probetas con diferentes proporciones de grafeno con valores de 0.50% y 1.00% respectivamente, referimos que las muestras fueron seleccionadas previamente y llevadas al laboratorio a realizar los ensayos respectivos. Así mismo realizaremos algunas comparaciones de algunos resultados obtenidos, exponiendo lo siguiente:

CHACON, Michael (2018) en su tesis “Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de los sulfato utilizando cemento Quisqueya tipo I – Lima 2018” el cual realizo ensayos al concreto con distintas relaciones a/c de 0.60, 0.55 y 0.50 que fueron sometidas a una inmersión de sulfato de magnesio de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt a los 14, 21 y 28 días de fraguado, dando como resultados de pérdida de peso de 5.16g, 9.33g y 14.83g, resultados a compresión a los 28 días de 98.18%, 80.83% y 79.6% mayor que el concreto patrón. Para llevar a cabo esta investigación se sometieron las probetas con 0.50% y 1.00% de grafeno a una inmersión de 5000 mg/lt de sulfato de magnesio, se obtuvo que las pérdidas de peso de las muestras son de 1.00g y 1.67g, estas muestras luego se sometieron a compresión que tienen 127% y 117% mayor que el concreto base; el cual se aprecia con respecto a la tesis mencionada que al añadir grafeno este tiene una menor pérdida de material y una mayor resistencia a los sulfatos ante daño severo.

Shamsaei y col. (2018) en el artículo titulado “Nanosheets a base de grafeno para hormigón más resistente y duradero: una revisión”, el cual brinda resultados del concreto con 0.01%, 0.03% y 0.06% con oxido de grafeno con respecto al peso del cemento, estos son expuesto congelación y deshielo del (ASTM C666) a los 28 días de fraguado, sus muestras fueron sometidas a una temperatura de -18 °C por 3 horas y posteriormente al horno por 1 hora a 4°C reproduciendo el 540 veces el mismo ciclo, el cual tuvo como resultados de resistencia a compresión de 120%, 132% y 118% mayor que su concreto patrón. En el presente proyecto de investigación se utilizó el grafeno en polvo industrial en proporciones de 0.05% y

1.00% con respecto al peso del cemento, se obtuvo resultados de resistencia a compresión luego que las muestras fueran sometidas a congelación y deshielo de 126% y 118% mayor que el concreto patrón, con lo cual el artículo mencionado también muestra mejoras con respecto a la añadir grafeno. Cabe recalcar que el ensayo se realizó a una temperatura de congelación de -25 °C por 6 horas y al horno por 2 horas a 40 °C, con 14 días de fraguado de las probetas. Se espera que la resistencia al cambio térmico aumente significativamente a los 28 días.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1

Se determinó que la adición del grafeno influye positivamente en la durabilidad del concreto $F'c$ 210 kg/cm², con los resultados obtenidos en laboratorio se pudo verificar el aumento en las propiedades de durabilidad con respecto al concreto patrón.

Conclusión 2

Se determinó que la adición del grafeno en el concreto, en edad de 28 días de fraguado y ser sometido al ensayo de exposición a sulfato de la NTP 400.016, que consiste de someter a las probetas a la inmersión en una cantidad severa de sulfato de magnesio por un día y de ser secado a 110°C, este ensayo termina con la resistencia a compresión de las muestras para medir su deterioro; con lo cual se concluye que la adición del grafeno en 0,50% con respecto al peso del cemento aumenta su resistencia al sulfato en 27% con respecto al concreto patrón y también disminuye la abrasión de la superficie al añadir el grafeno también disminuye la pérdida de material.

El 1 % de adición del grafeno con respecto al peso del cemento también influye positivamente al concreto, aumentando el 17% la resistencia al sulfato de magnesio, este porcentaje de grafeno también mitiga la pérdida de material en el concreto luego de ser expuesto a sulfato.

Conclusión 3

Se determinó que la adición del grafeno en el concreto, en edad de 28 días de fraguado y de ser sometido al ensayo de congelación y deshielo de la norma ASTM C666 que consiste en congelar a las probetas a -25°C, luego estar a temperatura ambiente y de ser secados en un horno a 40°C, por ultimo este ensayo requiere la resistencia a compresión de las muestras para medir el daño de las muestras luego de 5 ciclos de cambios de temperatura; con lo cual se concluye que al añadir el 0.50% de grafeno con respecto al peso del cemento aumenta la resistencia a la congelación y deshielo en 26% con respecto al concreto patrón.

Al añadir 1% de grafeno con respecto al peso del cemento también influye positivamente en 18% más en su resistencia al cambio de temperatura con respecto al concreto base.

VII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere emplear una dosis más alta en el sulfato de magnesio a fines de estudiar el comportamiento del concreto adicionado con grafeno y así verificar si mantiene su durabilidad y resistencia.
- Se propone estudiar otras propiedades de la durabilidad del concreto adicionado con grafeno tal como resistencia al fuego y permeabilidad.
- Se recomienda realizar muestras de concreto adicionando proporciones de grafeno (IG-11 capas) menores al 1%, de tal manera de que pueda mejorar su durabilidad; dado que en la investigación se observó que a menor proporción de grafeno mejora la durabilidad ante la exposición de sulfato de magnesio y exposición de congelación y deshielo.
- Se recomienda realizar investigaciones con respecto al óxido de grafeno (IG-22 capas), ya que, se puede apreciar que al ser un grafeno tratado químicamente tiende a mejorar las propiedades mecánicas.

REFERENCIAS

1. ACI 201.2R-01 (2001). Guía para la Durabilidad del Hormigón. EE.UU. 2001.pp. 2.
2. A review of the impact of micro- and nanoparticles on freeze-thaw durability of hardened concrete: Mechanism perspective. Por Khashayar Ebrahimi [et al]. 2018. Tehran: Elsevier, 20 Octubre 2018, Vol. 186.
3. BORJA, Manuel. "Metodología de la investigación científica para ingenieros". Manual para redacción de tesis 2012. Pp. 38.
4. BARTA, Davis. Evolución de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto F'C 210 kg/cm²Tarapoto, 2018. Tesis (Para la obtención de título profesional). Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo, 2018.
5. CHACÓN, Michael. Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de los sulfatos utilizando cemento Quisqueya tipo I – Lima 2018. Tesis (Para la obtención de título profesional de ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018
6. CARRILLO y ROJAS. Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de compresión y flexión de un concreto patrón f'c 210 kg/cm²y un concreto reemplazado en porcentajes del 1, 2, 3 y 4% con Dramix 3D respecto al volumen del agregado fino de la mezcla, elaborado con agregados de las canteras de Vicho y Cunyac 2017. Tesis (Para la obtención de título profesional de ingeniero civil). Cusco: Universidad Andina Del Cusco, 2017
7. DIMOV, Dimitar, y otros. 2018. Ultrahigh Performance Nanoengineered Graphene–Concrete Composites for Multifunctional Applications. Wiley Online

Library. [En línea] 23 de Abril de 2018. [Citado el: 28 de Abril de 2019.]
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adfm.201705183>.

8. DEVI, Sc, Khan, Ra. Effect of graphene oxide on mechanical and durability performance of concrete. Uttar Pradesh: Elsevier Ltd, 2020, Vol. 27. 101–007.

9. Durability of concrete under the influence of sulphates attack in the region of ouargla – algeria. Boumehraz y Mellas, Ouargla : Testing ACNDT, Noviembre del 2016, Vol. 5, págs. 1-5

10. Experimental investigation on mechanical and piezoresistive properties of cementitious materials containing graphene and graphene oxide nanoplatelets. Por Qiong Liu [et al]. 2016. Zhenjiang: Elsevier, 30 November 2016, Vol. 127. 565–576.

11. El grafeno como material revolucionario. CARREON, Ulises. 2016. 24. Guanajuato: Entretextos, diciembre del 2016, Vol. 8.
ISBN: 2007-5316

12. Graphene research and their outputs: Status and prospect. Santosh K., Tiwari, y otros. 2020. 1, Hanoi : Elsevier, 2020, Vol. 5. 2468-2179.

13. Graphene oxide as an additive to improve the resistance of cementitious compounds. Su-Jin, Lee, y otros. 2020. 20, Seúl : Elsevier, 15 de Junio de 2020, Vol. 242. 0263-8223.

14. Graphene-based Nanosheets for stronger and more durable concrete: una revisió. SHAMASAEI, Ezzatollah, y otros. 2018. Australia: Elsevier Ltd, 2018, Vol. 183. 642–660.

15. HERNANDES SAMPIERI, Roberto. Metodología de la investigación. 6ta Ed. México: Metodología de la investigación, 2014. Pp. 600. ISBN:978-1-4562-2396-0

16. HERNANDES SAMPIERI, Roberto. Metodología de la investigación. 5ta Ed. México: Metodología de la investigación, 2010. Pp. 613. ISBN:978-607-15-0291-9
17. Improved resistance of concrete against ingress of water and chloride by adding graphene nanoplates. HONGJIAN, Du, HONGCHEN JACEY, Gao y SZE DAI, Pang. 2016. Singapur: Elsevier Ltd, MAYO de 2016, Vol. 83, págs. 114-123. 0008-8846.
18. Impact of Graphene Oxide and Highly Reduced Graphene Oxide on Cement-Based Compounds. TANVIR S., Qureshi y DAMAN .K, Panesar. 2019. Toronto : Elsevier Ltd, 2019, Vol. 206.
19. Influencia de los ciclos hielo-deshielo en la resistencia del concreto (Caso Tunja). Páez, Leal y Restrepo. 2009. 15, Medellín: Revista Ingenierías Universidad de Medellín, diciembre del 2009, Vol. 8. ISSN: 1692-3324
20. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamientos. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E-060 de Concreto Armado. 2009. gISBN 978-9972-9433-4-8
21. Pasquel Carbajal, E. (1998). Topicos de Tecnología de Concreto. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.
22. PAZ; Irene. El Grafeno. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2018, Vol. 1.
23. RODRIGUEZ, Claramaria y VASILIEVNA, Oxana. 2008. Propiedades y aplicaciones del grafeno. [Documento] Nuevo Leon : Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, UANL, 2008. 14050676

24. TAGLE y ZAPANA. Evaluación del deterioro del concreto con contenidos variables de aire incorporado y fibras de polipropileno sometido a congelamiento a edades tempranas. Tesis (Para la obtención de título profesional de ingeniero civil). Arequipa: Universidad Nacional De San Agustín, 2017.
25. The impact of graphene oxide on cementitious composites. Por Alyaa Mohammed [et al]. 2019. 20, Australia: Elsevier, 2019.
26. Yuan, Gao, y otros. Reinforced impermeability of cementitious compounds using graphene and carbon oxide nanotube hybrids under different water-to-cement ratios. 2019. Xuzhou: Elsevier Ltd, 2019, Vol. 222. 610–621.
27. RIVVA, Enrique. Naturaleza y Materiales del Concreto. 1ª edición. Lima: Aci Perú, 2000.
28. RIVERA, Gerardo. Concreto simple. Cauca: Universidad de Cauca, 2013. 267 pp.
29. LOPEZ, Elisman y MAMANI, Juan. Influencia del nano-sílice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno. Tesis (Para la obtención de título profesional). Puno: Universidad Nacional Del Altiplano, 2017.
30. “Standard Specification for Concrete Aggregates C 33 – 07” – ASTM International.
31. “Norma Técnica Peruana de concreto armado E060” – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
32. Vázquez de Parga, Amadeo Ha nacido una estrella. El grafeno. Madrid: Real Sociedad Española de Química, 2011, Vol 107(3). 213–220

ANEXOS

ANEXOS 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F’C 210 kg/cm² Lima- 2020”.

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | METODOLOGÍA |
|--|---|---|--|-------------------------------------|--|---|
| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general | Variable Dependiente: Durabilidad del concreto | Exposición a sulfato | Cantidad de sulfato | Tipo de estudios: Aplicada Enfoque de estudio: Cuantitativo Diseño de investigación: pre-experimental Nivel Explicativo Método de investigación: Científico |
| ¿Influirá el grafeno como aditivo en la propiedad de durabilidad del concreto F’C 210 kg/cm ² ? | Analizar la influencia del grafeno como aditivo en la propiedad de durabilidad del concreto 210 kg/cm ² | El grafeno influirá de manera favorable en la propiedad de durabilidad del concreto F’C 210 kg/cm ² | | | -Resistencia a la compresión -sulfato de magnesio -Tiempo de exposición por sulfato -% de peso | |
| ¿De qué manera influirá el grafeno como aditivo en la durabilidad del concreto F’C 210 kg/cm ² expuesto a sulfato? | Analizar la influencia del grafeno en la durabilidad del concreto F’C 210 kg/cm ² expuesto a sulfato mediante el ensayo de exposición a sulfato. | La incorporación de grafeno influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F’C 210 kg/cm ² expuesto a sulfato | Variable Independiente : Grafeno | Exposición a congelación y deshielo | - Resistencia a compresión -ciclos de congelación y deshielo -Temperatura -Tiempo de congelación | 54 probetas Muestra -18 probetas con 0.50% de grafeno -18 probetas con 1.00% de grafeno -18 probetas patrón Muestreo -No probabilístico |
| ¿Cómo influirá el grafeno como aditivo en la durabilidad del concreto F’C 210 kg/cm ² expuesto al intemperismo de temperaturas heladas? | Analizar la influencia del grafeno en la durabilidad del concreto F’C 210 kg/cm ² expuesto al intemperismo de temperaturas heladas mediante el ensayo de exposición a congelación y deshielo | La implementación de grafeno influirá de manera favorable en la durabilidad del concreto F’C 210 kg/cm ² expuesto al intemperismo de temperaturas heladas. | | Propiedades físicas | Espesor Tamaño Densidad | |
| | | | | Diseño de mezcla | 0.50% de grafeno respecto al peso del cemento (gr) 1.00 %de grafeno respecto al peso del cemento (gr) | |
| | | | | Composición química | Formula química | |

Tabla 82: Matriz de consistencia

Anexo 2. FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO

Figura 36: Ficha técnica del cemento sol.



CEMENTO SOL

Descripción:

- Es un Cemento Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.
- Cuenta con la fecha y hora de envasado en la bolsa en beneficio de los consumidores, ya que permite una mayor precisión en la trazabilidad.

Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Ideal para la producción de prefabricados en concreto.

Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C 150.

Formato de distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



Recomendaciones

Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

Manipulación:

- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

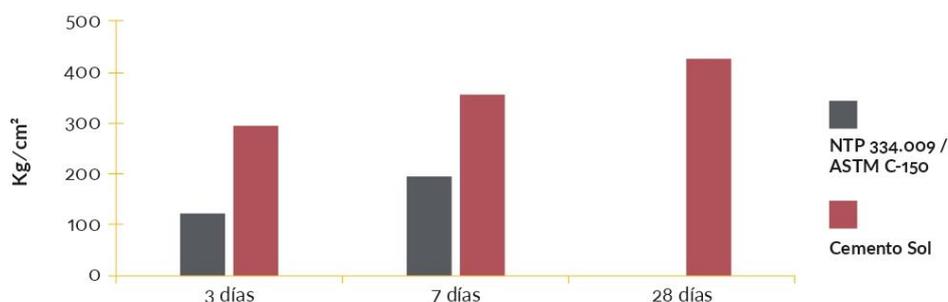
Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

Figura 37: Requisitos mecánicos cemento andino.

Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP 334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



Propiedades físicas y químicas

| Parámetro | Unidad | Cemento Sol Tipo I | Requisitos 334.009 / ASTM C-150 |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| Contenido de aire | % | 6.62 | Máximo 12 |
| Expansión autoclave | % | 0.08 | Máximo 0.80 |
| Superficie específica | cm ² /g | 3361 | Máximo 2600 |
| Densidad | g/ml | 3.12 | No Especifica |
| Resistencia a la Compresión | | | |
| Resistencia a la compresión a 3 días | kg/cm ² | 296 | Mínimo 122 |
| Resistencia a la compresión a 7 días | kg/cm ² | 357 | Mínimo 194 |
| Resistencia a la compresión a 28 días | kg/cm ² | 427 | No especifica |
| Tiempo de Fraguado | | | |
| Fraguado Vicat inicial | min | 127 | Mínimo 45 |
| Fraguado Vicat final | min | 305 | Máximo 375 |
| Composición Química | | | |
| MgO | % | 2.93 | Máximo 6.0 |
| SO ₃ | % | 3.08 | Máximo 3.5 |
| Pérdida al fuego | % | 2.25 | Máximo 3.0 |
| Residuo insoluble | % | 0.68 | Máximo 1.5 |
| Fases Mineralógicas | | | |
| C ₂ S | % | 13.15 | No especifica |
| C ₃ S | % | 53.60 | No especifica |
| C ₃ A | % | 9.66 | No especifica |
| C ₄ AF | % | 9.34 | No especifica |

Anexo 3. FICHA TÉCNICA DEL GRAFENO

Figura 38: Ficha técnica del grafeno.

Descripción del producto



Las propiedades del producto

| | |
|---|--------------------------------------|
| Nombre | Grado Industrial de grafeno en polvo |
| Apariencia | Polvo negro |
| La conductividad | 800-1100 S/cm |
| Densidad aparente. | 0,09-0,13g/cm ³ |
| Densidad del grifo | 0,13-0,16g/cm ³ |
| Por favor, no dude en contactarnos para más información. Tel:+ 86 25 69657070 Fax: + 86 25 68256991 Celular y Wechat: + 86 15261867755 Sitio web: https://en.xfnano.com | |

Las aplicaciones

Anexo 4. FICHAS DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura39: Formato del ensayo de congelación y deshielo ASTM C666

| PROBETAS ENSAYADAS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO | | | | | | |
|---|------------------------------------|--------------------|--|-------------|--|--|
| C/S CONGELAMIENTO | EDAD ANTES DEL CONGELAMIENTO | % DE AIRE TOTAL | CANTIDAD DE FIBRAS DE POLIPROPILENO (kg/m3) | N° PROBETAS | | |
| CON CONGELAMIENTO | h | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| SIN CONGELAMIENTO | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | TOTAL | | | |

FUENTE: Universidad Nacional San Agustín De Arequipa
(TAGLE Y ZAPANA)

| a/c = | | | | | |
|----------|--|--------------------------|------|-----------------------------|------------------|
| PROBETAS | | PESO DE MUESTRA (gr.) | | DIFERENCIA PESO (gr.) | VARIACIÓN (%) |
| | | Inicial | días | | |
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |
| 4. | | | | | |
| 5. | | | | | |
| 6. | | | | | |
| 7. | | | | | |
| 8. | | | | | |
| 9. | | | | | |
| 10. | | | | | |
| 11. | | | | | |
| 12. | | | | | |

Figura 40: Formato del ensayo de exposición a sulfato NTP 400.016

FUENTE: Universidad Cesar Vallejo (Chacón Quillay Michael)

ANEXO 5. FORMATOS DE VALIDACIÓN.



| |
|--|
| Título de investigación: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM ² LIMA- 2020 |
| Apellidos y Nombres de los investigadores: Brayan Montañez Adama – Alexis Zavala Villarroel |

| VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS | | | |
|--|--------|---|--------|
| Apellido y nombre del experto: | CIP | INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS | FIRMA: |
| VALLEJOS HIDALGO JUAN MIGUEL | 46783 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Formato del ensayo de congelación y deshielo (ASTM C 66). ➤ Formato del ensayo de exposición a sulfatos (NTP 400.016). | |
| TAPIA REYES DIEGO | 150148 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Formato de ensayo de compresión de muestras cilíndrica (NTP 339.034). ➤ Formatos de granulometría del agregado fino y grueso. ➤ Formato de peso específico del agregado fino. ➤ Formato de peso específico del agregado grueso. ➤ Formato de peso unitario del agregado fino. | |
| | 153301 | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Formato de peso unitario del agregado grueso ➤ Formato de contenido de humedad ➤ Formato de Diseño de Mezcla ➤ Formato de Slump | |

| | | |
|--|------------------------------------|--|
| LABORATORIO MTL GEOTECNIA REVISION | <p>Material Testing Laboratory</p> | MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP: 115803 |
|--|------------------------------------|--|

Figura 42: Validación de instrumentos de recolección de datos

Tabla 83: Juicio de experto 1.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

| |
|--|
| Título De Investigación: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM ² LIMA- 2020 |
| Apellidos Y Nombres De Los Investigadores: Zavala Villarroel Alexis Gilmar / Montañez Adama Brayan Marcelino |
| Apellidos y nombres del experto: TAPIA REYES DIEGO CIP:150148 |

| N° | Cuestionario | Siempre | Casi siempre | A veces | Casi Nunca | Nunca |
|----|--|---------|--------------|---------|------------|-------|
| 1 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al agregar aditivos mejore la calidad del concreto según Normal Técnica Peruana? | X | | | | |
| 2 | ¿En su labor como profesional Ud. a escuchado de las propiedades que el grafeno y su aporte en la construcción? | | | | X | |
| 3 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que la adición de grafeno como aditivo mejore al concreto? | | X | | | |
| 4 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm2 puede mejorar la durabilidad según NTP. E-60? | | X | | | |
| 5 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm2 mejore la resistencia a congelación y deshielo según ASTM 666? | | X | | | |
| 6 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm2 mejore su resistencia a los sulfatos según NTP 400.016? | | X | | | |
| | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm2 mejore su resistencia a compresión según NTP 339. 078? | | X | | | |
| 7 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm2 dañe al diseño de mezcla al hormigón según NTP 400. 017? | | X | | | |
| 8 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm2 mejore la trabajabilidad según Norma Técnica Peruana? | | X | | | |
| 9 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm2 puede mejorar su permeabilidad? | | X | | | |


Firmá del Experto

Tabla 84: Juicio de experto 2.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

| Título De Investigación: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM ² LIMA- 2020 | | | | | | |
|--|--|------------------------------|-------------------|---------|------------|-------|
| Apellidos Y Nombres De Los Investigadores: Zavala Villarroel Alexis Gilmar / Montañez Adama Brayan Marcelino | | | | | | |
| Apellidos y nombres del experto: | | VALLEJOS HIDALGO JUAN | CIP: 46783 | | | |
| N° | Cuestionario | Siempre | Casi siempre | A veces | Casi Nunca | Nunca |
| 1 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al agregar aditivos mejore la calidad del concreto según Norma Técnica Peruana? | X | | | | |
| 2 | ¿En su labor como profesional Ud. a escuchado de las propiedades que el grafeno y su aporte en la construcción? | | | | X | |
| 3 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que la adición de grafeno como aditivo mejore al concreto? | | X | | | |
| 4 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² puede mejorar la durabilidad según NTP. E-60? | X | | | | |
| 5 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² mejore la resistencia a congelación y deshielo según ASTM 666? | | X | | | |
| 6 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² mejore su resistencia a los sulfatos según NTP 400.016? | X | | | | |
| | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² mejore su resistencia a compresión según NTP 339. 078? | | X | | | |
| 7 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² dañe al diseño de mezcla al hormigón según NTP 400. 017? | X | | | | |
| 8 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² mejore la trabajabilidad según Norma Técnica Peruana? | | X | | | |
| 9 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² puede mejorar su permeabilidad? | | X | | | |


Firma del Experto

Tabla 85: Juicio de experto 3.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

| | | |
|--|------------------------------|-------------------|
| Título De Investigación: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM ² LIMA- 2020 | | |
| Apellidos Y Nombres De Los Investigadores: Zavala Villarroel Alexis Gilmar / Montañez Adama Brayan Marcelino | | |
| Apellidos y nombres del experto: | CHAHUAYO VARGAS JHONY | CIP:204567 |

| N° | Cuestionario | Siempre | Casi siempre | A veces | Casi Nunca | Nunca |
|----|--|---------|--------------|---------|------------|-------|
| 1 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al agregar aditivos mejore la calidad del concreto según Norma Técnica Peruana? | | X | | | |
| 2 | ¿En su labor como profesional Ud. a escuchado de las propiedades que el grafeno y su aporte en la construcción? | | | | X | |
| 3 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que la adición de grafeno como aditivo mejore al concreto? | | X | | | |
| 4 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² puede mejorar la durabilidad según NTP. E-60? | | X | | | |
| 5 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² mejore la resistencia a congelación y deshielo según ASTM 666? | | X | | | |
| 6 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² mejore su resistencia a los sulfatos según NTP 400.016? | X | | | | |
| | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² mejore su resistencia a compresión según NTP 339. 078? | X | | | | |
| 7 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² dañe al diseño de mezcla al hormigón según NTP 400. 017? | | X | | | |
| 8 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² mejore la trabajabilidad según Norma Técnica Peruana? | | X | | | |
| 9 | ¿En su labor como profesional cree Ud. que al incorporar grafeno como aditivo al concreto f'c 210kg/cm ² puede mejorar su permeabilidad? | | X | | | |

Firma del Experto

ANEXO 6. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-5684-2019

PROFORMA : 2004A

Fecha de emisión : 2019 - 08 - 02

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 284 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA DE CONCRETO

Marca : ELE
Modelo : ADR TOUCH
N° Serie : 1887-1-00074
Intervalo de indicación : 120000 kgf
Resolución : 0,1 kgf
Procedencia : No indica
Código de Identificación : No indica
Ubicación : Laboratorio
Fecha de Calibración : 2019 - 08 - 01

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de LEMICONS S.R.L.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

| MAGNITUD | INICIAL | FINAL |
|------------------|---------|--------|
| TEMPERATURA | 19,2°C | 19,1°C |
| HUMEDAD RELATIVA | 72,0% | 72,0% |

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316

Figura 43: Certificado calibración prensa de concreto

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC - 4371 - 2020

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 5

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

EQUIPO : HORNO
 Marca : GEMMY
 Modelo : YC0-010
 N° de Serie : 510847
 Tipo de Ventilación : Turbulencia
 Procedencia : ALEMANIA
 Identificación : NO INDICA
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO DIGITAL
 Marca : No Indica
 Alcance : 1°C a 250°C
 Resolución : 1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
 Marca : No Indica
 Alcance : 1°C a 250°C
 Resolución : 1 °C
 Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25
 Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CONDICIONES AMBIENTALES

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 29,3 °C | 29,8 °C |
| Humedad Relativa | 45,3 % | 43,2 % |

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0318

Figura 44: Certificado de calibración horno

CERTIFICADO DE CALIBRACION
TC - 4372 - 2020

PROFORMA : 1606A Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : CALLA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
 Tipo : ELECTRÓNICA
 Marca : DENVER INSTRUMENT
 Modelo : AA-250
 N° de Serie : B032815
 Capacidad Máxima : 220 g
 Resolución : 0,0001 g
 División de Verificación : 0,001 g
 Clase de Exactitud : I
 Capacidad Mínima : 0,1 g
 Procedencia : U.S.A.
 N° de Parte : No Indica
 Identificación : No Indica
 Ubicación : LABORATORIO
 Variación de ΔT Local : 5 °C
 Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFF: 0316

Figura 45: Certificado de calibración balanza

Anexo 7. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CON SÍMBOLO DE ACREDITACIÓN.

Figura 46: Certificado de calidad

Certificado

 **INACAL**
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

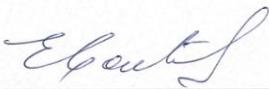
Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemós N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma
NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-05P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019
Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023



ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 230-2019-INACAL/DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA
Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 02

ANEXO 8. CERTIFICADOS DE ENSAYOS



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

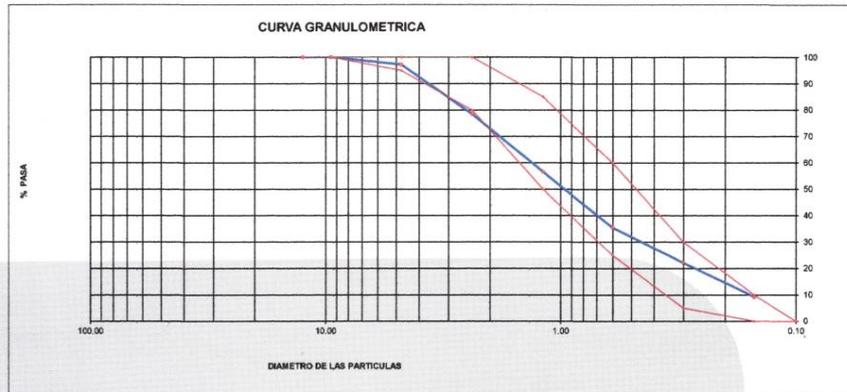
| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO | Código | FOR-LTC-AG-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 ASTM C136

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayán / Zavala Villarroel, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm2 Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : Lima Fecha de ensayo: 23/09/2020 |

| | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------------|
| MATERIAL | : Agregado fino | CANTERA: TRAPICHE |
| PESO INICIAL HUMEDO (g) | 628.0 | % W = 1.0 |
| PESO INICIAL SECO (g) | 622.0 | MF = 3.01 |

| MALLAS | ABERTURA (mm) | MATERIAL RETENIDO | | % ACUMULADOS | | ESPECIFICACIONES ASTM C 33 |
|--------|------------------|-------------------|------|--------------|--------|-------------------------------|
| | | (g) | (%) | Retenido | Pasa | |
| 1/2" | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| 3/8" | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 |
| Nº4 | 4.76 | 16.5 | 2.7 | 2.7 | 97.3 | 85 - 100 |
| Nº8 | 2.38 | 117.2 | 18.8 | 21.5 | 78.5 | 80 - 100 |
| Nº 16 | 1.19 | 136.4 | 21.9 | 43.4 | 56.6 | 50 - 85 |
| Nº 30 | 0.60 | 131.5 | 21.1 | 64.5 | 35.5 | 25 - 60 |
| Nº 50 | 0.30 | 82.6 | 13.3 | 77.8 | 22.2 | 05 - 30 |
| Nº 100 | 0.15 | 80.7 | 13.0 | 90.8 | 9.2 | 0 - 10 |
| FONDO | | 57.1 | 9.2 | 100.0 | 0.0 | 0 - 0 |



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

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

Figura 47: Certificado de ensayo de granulometría del agregado fino

| | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO | Código | FOR-LAB-AG-015 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C29

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayán / Zavala Villarreal, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm ² Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : Lima Fecha de ensayo: 23/09/2020 |

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : TRAPICHE

| | | | |
|------------|-------|-------|-------|
| MUESTRA N° | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|------------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 6431 | 6428 | 6442 |
| 2 | Peso del Molde | g | 2363 | 2363 | 2363 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 4068 | 4065 | 4079 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 2760 | 2760 | 2760 |
| 5 | Peso Unitario Suelto de la Muestra | g/cc | 1.474 | 1.473 | 1.478 |

| | | |
|-------------------------------|------|-------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO | g/cc | 1.475 |
|-------------------------------|------|-------|

| | | | |
|------------|-------|-------|-------|
| MUESTRA N° | M - 1 | M - 2 | M - 3 |
|------------|-------|-------|-------|

| | | | | | |
|---|--|------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 7296 | 7298 | 7305 |
| 2 | Peso del Molde | g | 2363 | 2363 | 2363 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 4933 | 4935 | 4942 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 2760 | 2760 | 2760 |
| 5 | Peso Unitario Compactado de la Muestra | g/cc | 1.787 | 1.788 | 1.791 |

| | | |
|-----------------------------------|------|-------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO | g/cc | 1.789 |
|-----------------------------------|------|-------|

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

| | | |
|--|---|---|
| <p>Elaborado por:</p>  <p>Jefe de Laboratorio</p> | <p>Revisado por:</p>  <p>Elmer Moreno Huarmán INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210906</p> <p>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p> | <p>Aprobado por:</p>  <p>CONTROL DE CALIDAD</p> <p>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</p> |
|--|---|---|

Figura 48: Peso unitario agregado fino.

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN | Código | FOR-LAB-AG-013 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C128

| | |
|--------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayan / Zavala Villarreal, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafo en la propiedad de durabilidad del concreto FC 210 kg/cm ² Lima- 2020" |
| UBICACION | : Lima Fecha de ensayo: 23/08/2020 |

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : TRAPICHE

| MUESTRA N° | | M - 1 | M - 2 | PROMEDIO | |
|------------|---|-------|-------|----------|--------|
| 1 | Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua | g | 980.7 | 981.5 | 981.1 |
| 2 | Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon | g | 670.2 | 669.8 | 670.0 |
| 3 | Peso del Agua (W = 1 - 2) | g | 310.5 | 311.7 | 311.1 |
| 4 | Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balon | g/cc | 663.1 | 662.5 | 662.80 |
| 5 | Peso del Balon N° 2 | g/cc | 170.2 | 169.8 | 170.00 |
| 6 | Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5) | g/cc | 492.9 | 492.7 | 492.80 |
| 7 | Volumen del Balon (V = 500) | cc | 497.5 | 498.2 | 497.9 |

RESULTADOS

| | | | | |
|--|------|------|------|------|
| PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W)) | g/cc | 2.64 | 2.64 | 2.64 |
| PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W)) | g/cc | 2.67 | 2.68 | 2.68 |
| PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-(500-A)]) | g/cc | 2.74 | 2.75 | 2.74 |
| PORCENTAJE DE ABSORCION (%) [(500-A)/A*100] | % | 1.4 | 1.5 | 1.5 |

OBSERVACIONES:

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

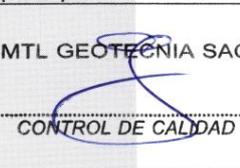
| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto, Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N° 210906 |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

Figura 49: Certificado de ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO | Código | FOR-LTC-AG-002 |
| | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

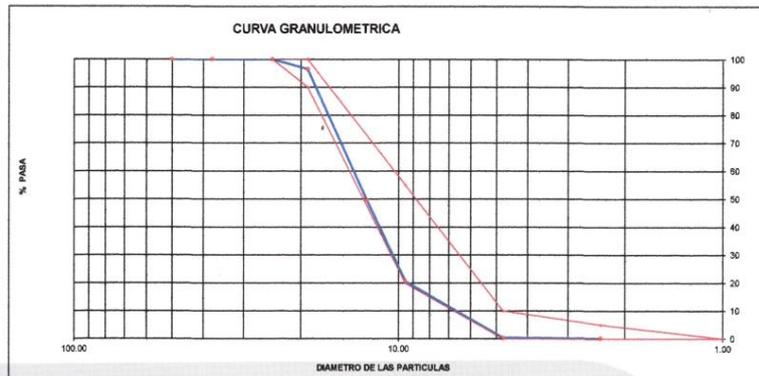
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C136

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Montañez Adama, Brayan / Zavaleta Villarroel, Alexis
TESIS : "Análisis de la influencia del grafo en la propiedad de durabilidad del concreto FC 210 kg/cm² Lima- 2020"

UBICACION : Lima Fecha de ensayo: 23/09/2020

MATERIAL : AGREGADO GRUESO CANTERA: TRAPICHE
PESO INICIAL HUMEDO (g) : 4,281.00 % W = 0.1
PESO INICIAL SECO (g) : 4,276.80 MF = 6.82

| MALLAS | ABERTURA (mm) | MATERIAL RETENIDO | | % ACUMULADOS | | ESPECIFICACIONES HUSO # 67 |
|--------|---------------|-------------------|------|--------------|-------|----------------------------|
| | | (g) | (%) | Retenido | Pasa | |
| 2" | 50.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 1 1/2" | 37.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 1" | 24.50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 100 |
| 3/4" | 19.05 | 151.0 | 3.5 | 3.5 | 96.5 | 90 - 100 |
| 1/2" | 12.50 | 2,012.0 | 47.0 | 50.5 | 49.5 | --- |
| 3/8" | 9.53 | 1,236.0 | 28.9 | 79.4 | 20.6 | 20 - 55 |
| Nº 4 | 4.76 | 865.0 | 20.2 | 99.6 | 0.4 | 0 - 10 |
| Nº 8 | 2.38 | 8.6 | 0.2 | 99.8 | 0.2 | 0 - 5 |
| Nº 16 | 1.18 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | |
| FONDO | | 4.0 | 0.1 | | | |



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

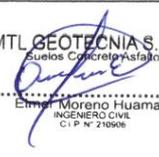
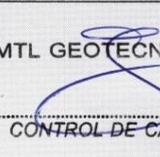
| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por:  | Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto  Eduardo Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210906 | Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC  CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

Figura50: Certificado de ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO (F, G o Glb) | Código | FOR-LTC-AG-018 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C29

| | |
|------------------|--|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayan / Zavaia Villarroel, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto FC 210 kg/cm2 Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| Fecha de ensayo: | 23/09/2020 |

MATERIAL : AGREGADO GRUESO CANTERA: TRAPICHE

| MUESTRA N° | | M - 1 | M - 2 | M - 3 | |
|----------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 30584 | 30568 | 30578 |
| 2 | Peso del Molde | g | 9800 | 9800 | 9800 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 20784 | 20768 | 20778 |
| 4 ¹ | Volumen del Molde | cc | 13950 | 13950 | 13950 |
| 5 | Peso Unitario Suelto de la Muestra | g/cc | 1.490 | 1.489 | 1.489 |

| | | |
|-------------------------------|------|-------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO | g/cc | 1.489 |
|-------------------------------|------|-------|

| MUESTRA N° | | M - 1 | M - 2 | M - 3 | |
|------------|--|-------|-------|-------|-------|
| 1 | Peso de la Muestra + Molde | g | 32433 | 32451 | 32450 |
| 2 | Peso del Molde | g | 9800 | 9800 | 9800 |
| 3 | Peso de la Muestra (1 - 2) | g | 22633 | 22651 | 22650 |
| 4 | Volumen del Molde | cc | 13950 | 13950 | 13950 |
| 5 | Peso Unitario Compactado de la Muestra | g/cc | 1.622 | 1.624 | 1.624 |

| | | |
|-----------------------------------|------|-------|
| PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO | g/cc | 1.623 |
|-----------------------------------|------|-------|

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

| | | |
|--|---|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|   |  MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos, Concreto y Asfalto Elmer Morúa Huamani INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210908 |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

Figura 51: Certificado de ensayo del peso unitario del agregado grueso.

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2018 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C143

| | | |
|--------------------|---|------------------------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayan / Zavala Villaruel, Alexis | |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm ² Lima- 2020" | |
| UBICACIÓN | : LIMA / PERÚ | Fecha de emisión: 23/09/2020 |

| ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO | | | |
|--|-------------|-----------|----------|
| MUESTRA | SLUMP Pulg. | SLUMP cm. | PROMEDIO |
| PATRÓN | 3 | 7.62 | 3.00 |
| | 3 | 7.56 | |
| | 3 | 7.66 | |

| ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO | | | |
|--|-------------|-----------|----------|
| MUESTRA | SLUMP Pulg. | SLUMP cm. | PROMEDIO |
| 0.5% | 4 | 10.16 | 4.00 |
| | 4 | 10.21 | |
| | 4 | 10.14 | |

| ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO FRESCO | | | |
|--|-------------|-----------|----------|
| MUESTRA | SLUMP Pulg. | SLUMP cm. | PROMEDIO |
| 1% | 3 | 7.64 | 3.00 |
| | 3 | 7.62 | |
| | 3 | 7.60 | |

OBSERVACIONES:

- * El ensayo fue realizado haciendo uso de cono de Abrams
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

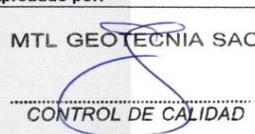
| | | |
|---|---|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  |  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

Figura 53: Certificado de ensayo de asentamiento del concreto fresco

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2016 |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

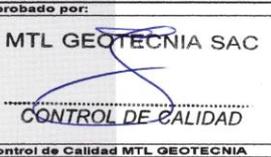
| | | | | | | |
|--|---|---|-------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| REFERENCIA : Datos de laboratorio | | | | | | |
| SOLICITANTE : Montañez Adama, Brayan / Zavala Villarreal, Alexis | | | | | | |
| TESIS : "Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm2 Lima- 2020" | | | | | | |
| UBICACION : Lima | Fecha de ensayo: 23/09/2020 | | | | | |
| f'c 280 kg/cm² | | | | | | |
| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.64 | 3.01 | 1.0 | 1.5 | 1475.0 | 1789.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.82 | 0.1 | 1.2 | 1489.0 | 1623.0 |
| MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE | | | | | | |
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 3 | 3/4" | |
| 2 | TAMANO MAXIMO NOMINAL | | | 0.560 | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | | 205 | | |
| 4 | AGUA | | | 2.0 | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | 0.36 | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 368.000 | Kg/m ³ | 8.6 | Bis/m ³ |
| Volumen absoluto del cemento | | | 0.1173 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Agua | | | 0.2050 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Aire | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | | 0.342 |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | 0.2950 | m ³ /m ³ | | 0.660 |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | 0.3647 | m ³ /m ³ | | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.002 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| CEMENTO | | | 366 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | 205.0 | Lt/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | 778.8 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | 973.7 | Kg/m ³ | | |
| D) PESO DE MEZCLA | | | | | | |
| CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | 786.6 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | 974.7 | Kg/m ³ | | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | 0.50 | % | 3.9 | Lts/m ³ |
| AGREGADO GRUESO | | | 1.10 | % | 10.7 | Lts/m ³ |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | 14.6 | Lts/m ³ |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | 219.6 | Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| CEMENTO | | | 366 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | 219.6 | Lts/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | 786.6 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | 974.7 | Kg/m ³ | | |
| G) PESO DE MEZCLA | | | | | | |
| CANTIDAD DE MATERIALES (52 Lt.) | | | | | | |
| CEMENTO | | | 19.03 | Kg | | |
| AGUA | | | 11.42 | Lts | | |
| AGREGADO FINO | | | 40.90 | Kg | | |
| AGREGADO GRUESO | | | 50.89 | Kg | | |
| PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | | | |
| C | 1.0 | | | | | |
| A.F | 2.15 | | | | | |
| A.G | 2.66 | | | | | |
| H2o | 26.99 Kg. | | | | | |
| PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | | | | | |
| C | 1.0 | | | | | |
| A.F | 2.19 | | | | | |
| A.G | 2.68 | | | | | |
| H2o | 26.99 LT. | | | | | |
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: | | | | |
|  |  |  | | | | |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA | | | | |

Figura 54: Certificado de diseño de mezcla de concreto patrón.

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2018 |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayán / Zavala Villarreal, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm2 Lima- 2020" |
| UBICACION | : Lima |
| | Fecha de ensayo: 23/09/2020 |

| F _c 210 kg/cm ² | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.64 | 3.01 | 1.0 | 1.5 | 1475.0 | 1789.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.67 | 6.82 | 0.1 | 1.2 | 1489.0 | 1623.0 |

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

| | | | | | | |
|---|---|--|---------|-------------------|--------------------------------|--------------------|
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | | 3 | | pulg |
| 2 | TAMANO MAXIMO NOMINAL | | | 3/4" | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | | 0.560 | | |
| 4 | AGUA | | | 205 | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | | 2.0 | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | | 0.36 | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| | FACTOR CEMENTO | | 366.000 | Kg/m ³ | 8.6 | Bls/m ³ |
| | Volumen absoluto del cemento | | | 0.1173 | m ³ /m ³ | |
| | Volumen absoluto del Agua | | | 0.2050 | m ³ /m ³ | |
| | Volumen absoluto del Aire | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | |
| | VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | 0.342 |
| | Volumen absoluto del Agregado fino | | | 0.2950 | m ³ /m ³ | |
| | Volumen absoluto del Agregado grueso | | | 0.3647 | m ³ /m ³ | |
| | SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | 1.002 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| | CEMENTO | | | 366 | Kg/m ³ | |
| | AGUA | | | 205 | Lt/m ³ | |
| | AGREGADO FINO | | | 779 | Kg/m ³ | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 974 | Kg/m ³ | |
| | GRAFENO (0.5% del peso del cemento) | | | 1.830 | Kg/m ³ | |
| | PESO DE MEZCLA | | | 2324 | Kg/m ³ | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | |
| | AGREGADO FINO HUMEDO | | | 786.6 | Kg/m ³ | |
| | AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | 974.7 | Kg/m ³ | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| | AGREGADO FINO | | | 0.50 | Lts/m ³ | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 1.10 | Lts/m ³ | |
| | AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | 219.6 | Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| | CEMENTO | | | 366 | Kg/m ³ | |
| | AGUA | | | 219.6 | Lts/m ³ | |
| | AGREGADO FINO | | | 786.6 | Kg/m ³ | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 975 | Kg/m ³ | |
| | GRAFENO (0.5% del peso del cemento) | | | 1.830 | Kg/m ³ | |
| G) PESO DE MEZCLA | | | | 2349 | Kg/m ³ | |
| CANTIDAD DE MATERIALES (52 lt.) | | | | | | |
| | CEMENTO | | | 19.03 | Kg | |
| | AGUA | | | 11.42 | Lts | |
| | AGREGADO FINO | | | 40.90 | Kg | |
| | AGREGADO GRUESO | | | 50.89 | Kg | |
| | GRAFENO (0.5% del peso del cemento) | | | 95.2 | g | |
| PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo) | | | | | | |
| | C | | | 1.0 | | |
| | A.F | | | 2.15 | | |
| | A.G | | | 2.66 | | |
| | H2o | | | 26.99 Kg. | | |
| PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | | | | | |
| | C | | | 1.0 | | |
| | A.F | | | 2.19 | | |
| | A.G | | | 2.69 | | |
| | H2o | | | 26.99 LT. | | |

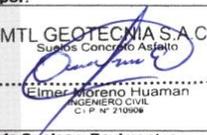
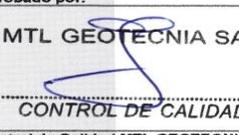
| | | |
|--|---|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|   |  MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N° 210908 |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

Figura 55: Certificado de diseño de mezcla con 0.50% de grafeno.

| | | | |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-001 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2016 |

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

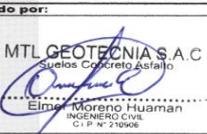
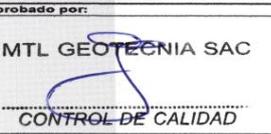
| | | | | | | |
|---|---|--|--|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | | | | | |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayen / Zavala Villaruel, Alexis | | | | | |
| TESIS | : "Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm ² Lima- 2020" | | | | | |
| UBICACION | : Lima | | | | Fecha de ensayo: 23/09/2020 | |
| f'c 210 kg/cm² | | | | | | |
| MATERIAL | PESO ESPECIFICO g/cc | MODULO FINEZA | HUM. NATURAL % | ABSORCIÓN % | P. UNITARIO S. Kg/m ³ | P. UNITARIO C. Kg/m ³ |
| CEMENTO SOL TIPO I | 3.12 | | | | | |
| AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE | 2.64 | 3.01 | 1.0 | 1.5 | 1475.0 | 1789.0 |
| AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE | 2.97 | 6.82 | 0.1 | 1.2 | 1489.0 | 1623.0 |
| MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE | | | | | | |
| A) VALORES DE DISEÑO | | | | | | |
| 1 | ASENTAMIENTO | | 3 | | pulg | |
| 2 | TAMANO MAXIMO NOMINAL | | 3/4" | | | |
| 3 | RELACION AGUA CEMENTO | | 0.56 | | | |
| 4 | AGUA | | 205 | | | |
| 5 | TOTAL DE AIRE ATRAPADO % | | 2.0 | | | |
| 6 | VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO | | 0.36 | | | |
| B) ANALISIS DE DISEÑO | | | | | | |
| FACTOR CEMENTO | | | 366.000 | Kg/m ³ | 8.6 | Bls/m ³ |
| Volumen absoluto del cemento | | | 0.1173 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Agua | | | 0.2050 | m ³ /m ³ | | |
| Volumen absoluto del Aire | | | 0.0200 | m ³ /m ³ | | 0.342 |
| VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS | | | | | | |
| Volumen absoluto del Agregado fino | | | 0.2950 | m ³ /m ³ | | 0.560 |
| Volumen absoluto del Agregado grueso | | | 0.3647 | m ³ /m ³ | | |
| SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS | | | | | | 1.002 |
| C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO | | | | | | |
| CEMENTO | | | 366 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | 205 | L/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | 779 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | 974 | Kg/m ³ | | |
| GRAFENO (1% del peso del cemento) | | | 3.660 | Kg/m ³ | | |
| PESO DE MEZCLA | | | 2324 | Kg/m ³ | | |
| D) CORRECCION POR HUMEDAD | | | | | | |
| AGREGADO FINO HUMEDO | | | 786.6 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | | | 974.7 | Kg/m ³ | | |
| E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS | | | | | | |
| AGREGADO FINO | | | 0.50 | Lts/m ³ | 3.9 | |
| AGREGADO GRUESO | | | 1.10 | Lts/m ³ | 10.7 | |
| AGUA DE MEZCLA CORREGIDA | | | | | 219.6 | Lts/m ³ |
| F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO | | | | | | |
| CEMENTO | | | 366 | Kg/m ³ | | |
| AGUA | | | 219.6 | Lts/m ³ | | |
| AGREGADO FINO | | | 786.6 | Kg/m ³ | | |
| AGREGADO GRUESO | | | 975 | Kg/m ³ | | |
| GRAFENO (1% del peso del cemento) | | | 3.660 | Kg/m ³ | | |
| PESO DE MEZCLA | | | 2381 | Kg/m ³ | | |
| G) CANTIDAD DE MATERIALES (52 lt.) | | | | | | |
| CEMENTO | | | 19.03 | Kg | | |
| AGUA | | | 11.42 | Lts | | |
| AGREGADO FINO | | | 40.90 | Kg | | |
| AGREGADO GRUESO | | | 50.69 | Kg | | |
| GRAFENO (1% del peso del cemento) | | | 190.3 | g | | |
| | | | 122.04 | | | |
| PROPORCION EN PESO p3 (húmedo) | | | PROPORCION EN VOLUMEN p3 (húmedo) | | | |
| C | 1.0 | | C | 1.0 | | |
| A.F | 2.15 | | A.F | 2.19 | | |
| A.G | 2.66 | | A.G | 2.68 | | |
| H2o | 26.99 Kg. | | H2o | 26.99 LT. | | |
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: | | | | |
|  |  |  | | | | |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA | | | | |

Figura 56: Certificado de diseño de mezcla con 1.00% de grafeno.

| | | | |
|--|--|-----------------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO EXPOSICION DE SULFATO DE MAGNESIO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2018 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 400.016 2011

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayán / Zavala Villarreal, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm2 Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| | Fecha de emisión: 30/09/2020 |

PROBETAS : 7 días

| PROBETAS | PESO DE MUESTRA (KG.) | | DIFERENCIA PESO (KG.) | variación (%) |
|----------|-----------------------|--------|-----------------------|---------------|
| | a/c=0.56 | | | |
| | INICIAL | 1 DIA | | |
| 1 1P | 12.812 | 12.807 | 0.005 | 0.04 |
| 2 2P | 12.784 | 12.779 | 0.005 | 0.04 |
| 3 3P | 12.868 | 12.861 | 0.007 | 0.05 |
| 4 1G-0.5 | 12.632 | 12.630 | 0.002 | 0.02 |
| 5 2G-0.5 | 12.366 | 12.363 | 0.003 | 0.02 |
| 6 3G-0.5 | 12.726 | 12.722 | 0.004 | 0.03 |
| 7 1G-1.0 | 12.788 | 12.785 | 0.003 | 0.02 |
| 8 2G-1.0 | 12.872 | 12.868 | 0.004 | 0.03 |
| 9 3G-1.0 | 12.948 | 12.943 | 0.005 | 0.04 |

| UBICACIÓN | % GRAFENO | CANTIDAD DE SULFATO (kg/m ³) | TIEMPO (DIA) | HORNO (°C) | TIEMPO (Hr) |
|-----------|-----------|--|--------------|------------|-------------|
| 1P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |

OBSERVACIONES:

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

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

Figura 57: Certificado de ensayo de exposición a sulfato a 7 días.

| | | | |
|--|--|-----------------|-----------------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO EXPOSICION DE SULFATO DE MAGNESIO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2018 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 400.016 2011

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayan / Zavala Villarroel, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'C 210 kg/cm2 Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| | Fecha de emisión: 07/10/2020 |

PROBETAS : 14 días

| PROBETAS | PESO DE MUESTRA (KG.) | | DIFERENCIA PESO (KG.) | variación (%) |
|----------|-----------------------|--------|-----------------------|---------------|
| | a/c=0.56 | | | |
| | INICIAL | 1 DIA | | |
| 1 1P | 13.099 | 13.095 | 0.004 | 0.03 |
| 2 2P | 13.026 | 13.023 | 0.003 | 0.02 |
| 3 3P | 13.052 | 13.048 | 0.004 | 0.03 |
| 4 1G-0.5 | 12.372 | 12.371 | 0.001 | 0.01 |
| 5 2G-0.5 | 12.476 | 12.475 | 0.001 | 0.01 |
| 6 3G-0.5 | 12.726 | 12.724 | 0.002 | 0.02 |
| 7 1G-1.0 | 12.816 | 12.814 | 0.002 | 0.02 |
| 8 2G-1.0 | 13.021 | 13.018 | 0.003 | 0.02 |
| 9 3G-1.0 | 13.015 | 13.012 | 0.003 | 0.02 |

| UBICACIÓN | % GRAFENO | CALIDAD DE SULFATO (mg/t) | TIEMPO (DIA) | HORNO (°C) | TIEMPO (Hr) |
|-----------|-----------|---------------------------|--------------|------------|-------------|
| 1P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |

OBSERVACIONES:

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

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

Figura 58: Certificado de ensayo de exposición a sulfato a 14 días.

| | | | |
|--|--|-----------------|-----------------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO EXPOSICION DE SULFATO DE MAGNESIO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2018 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 400.016 2011

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayan / Zavala Villarroel, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm ² Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : Lima Fecha de emisión: 21/10/2020 |

PROBETAS : 28 días

| PROBETAS | PESO DE MUESTRA (KG.) | | DIFERENCIA (KG.) | variacion (%) |
|----------|-----------------------|--------|------------------|---------------|
| | a/c=0.56 | | | |
| | INICIAL | 1 DIA | | |
| 1 1P | 13.017 | 13.015 | 0.002 | 0.02 |
| 2 2P | 12.944 | 12.941 | 0.003 | 0.02 |
| 3 3P | 13.545 | 13.542 | 0.003 | 0.02 |
| 4 1G-0.5 | 12.372 | 12.371 | 0.001 | 0.01 |
| 5 2G-0.5 | 12.765 | 12.764 | 0.001 | 0.01 |
| 6 3G-0.5 | 12.645 | 12.644 | 0.001 | 0.01 |
| 7 1G-1.0 | 13.012 | 13.011 | 0.001 | 0.01 |
| 8 2G-1.0 | 13.541 | 13.539 | 0.002 | 0.01 |
| 9 3G-1.0 | 13.455 | 13.453 | 0.002 | 0.01 |

| UBICACIÓN | % GRAFENO | CANTIDAD DE SULFATO (mg/lit) | TIEMPO (DIA) | HORNO (°C) | TIEMPO (Hr) |
|-----------|-----------|------------------------------|--------------|------------|-------------|
| 1P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3P | 0.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-0.5 | 0.50 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 1G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 2G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |
| 3G-1.0 | 1.00 | 5000 | 1 día | 110 | 2 |

OBSERVACIONES:

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

| | | |
|---|--|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos, Concreto, Asfalto Eliodoro Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210996 |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

Figura 59: Certificado de ensayo de exposición a sulfato a 28 días.

| | | | |
|--|---|-----------------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO CONGELACION Y DESHIELO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2018 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C_666

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayán / Zavala Villarroel, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm2 Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : Lima Fecha de emisión: 30/09/2020 |

PROBETAS : 7 días

| PROBETAS ENSAYADAS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO | | | | | |
|---|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------|
| | EDAD ANTES DEL CONGELAMIENTO | HORAS DE CONGELACION POR CICLO | TEMPERATURA ALCANZADA | CANTIDAD DE GRAFENO | PROBETAS |
| | | | | | CONGELAMIENTO |
| | 7 | 6 | -25° | 0.0% | 2P |
| | 7 | 6 | -25° | 0.0% | 3P |
| | 7 | 6 | -25° | 0.5% | 1G-0.5 |
| | 7 | 6 | -25° | 0.5% | 2G-0.5 |
| | 7 | 6 | -25° | 0.5% | 3G-0.5 |
| | 7 | 6 | -25° | 1.0% | 1G-1.0 |
| | 7 | 6 | -25° | 1.0% | 2G-1.0 |
| | 7 | 6 | -25° | 1.0% | 3G-1.0 |
| 5 CICLOS REALIZADO | | | | | |

| PROBETA | % GRAFENO | TEMPERATURA | HORNO (°C) | TIEMPO (Hr) |
|--------------------|-----------|-------------|------------|-------------|
| 1P | 0.00 | -25° | 40° | 2 |
| 2P | 0.00 | -25° | 40° | 2 |
| 3P | 0.00 | -25° | 40° | 2 |
| 1G-0.5 | 0.50 | -25° | 40° | 2 |
| 2G-0.5 | 0.50 | -25° | 40° | 2 |
| 3G-0.5 | 0.50 | -25° | 40° | 2 |
| 1G-1.0 | 1.00 | -25° | 40° | 2 |
| 2G-1.0 | 1.00 | -25° | 40° | 2 |
| 3G-1.0 | 1.00 | -25° | 40° | 2 |
| 5 CICLOS REALIZADO | | | | |

OBSERVACIONES:

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

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

Figura 60: Certificado de ensayo de congelación y deshielo a los 7 días.

| | | | |
|--|---|-----------------|-----------------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO CONGELACION Y DESHIELO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2018 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C_666

| | | | |
|--------------------|---|--------------------------|------------|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio | | |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayán / Zavala Villarreal, Alexis | | |
| TESIS | : "Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm ² Lima- 2020" | | |
| UBICACIÓN | : Lima | Fecha de emisión: | 07/10/2020 |

PROBETAS : 14 días

| PROBETAS ENSAYADAS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO | | | | | |
|---|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|----------|
| | EDAD ANTES DEL CONGELAMIENTO | HORAS DE CONGELACION POR CICLO | TEMPERATURA ALCANZADA | CANTIDAD DE GRAFENO | PROBETAS |
| | | | | | |
| | 14 | 6 | -25° | 0.0% | 2P |
| | 14 | 6 | -25° | 0.0% | 3P |
| | 14 | 6 | -25° | 0.5% | 1G-0.5 |
| | 14 | 6 | -25° | 0.5% | 2G-0.5 |
| | 14 | 6 | -25° | 0.5% | 3G-0.5 |
| | 14 | 6 | -25° | 1.0% | 1G-1.0 |
| | 14 | 6 | -25° | 1.0% | 2G-1.0 |
| | 14 | 6 | -25° | 1.0% | 3G-1.0 |
| 5 CICLOS REALIZADO | | | | | |

| PROBETA | % GRAFENO | TEMPERATURA | HORNO (°C) | TIEMPO (Hr) |
|--------------------|-----------|-------------|------------|-------------|
| 1P | 0.00 | -25° | 40° | 2 |
| 2P | 0.00 | -25° | 40° | 2 |
| 3P | 0.00 | -25° | 40° | 2 |
| 1G-0.5 | 0.50 | -25° | 40° | 2 |
| 2G-0.5 | 0.50 | -25° | 40° | 2 |
| 3G-0.5 | 0.50 | -25° | 40° | 2 |
| 1G-1.0 | 1.00 | -25° | 40° | 2 |
| 2G-1.0 | 1.00 | -25° | 40° | 2 |
| 3G-1.0 | 1.00 | -25° | 40° | 2 |
| 5 CICLOS REALIZADO | | | | |

OBSERVACIONES:

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

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

Figura 61: Certificado de ensayo de congelación y deshielo a los 14 días

| | | | |
|--|---|-----------------|-----------------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO CONGELACION Y DESHIELO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2018 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C_666

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayan / Zavala Villarroel, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm2 Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : Lima |
| | Fecha de emisión: 21/10/2020 |

PROBETAS : 28 días

| PROBETAS ENSAYADAS A CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO | | | | | |
|---|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|----------|
| | EDAD ANTES DEL CONGELAMIENTO | HORAS DE CONGELACION POR CICLO | TEMPERATURA ALCANZADA | CANTIDAD DE GRAFENO | PROBETAS |
| CONGELAMIENTO | 28 | 6 | -25° | 0.0% | 1P |
| | 28 | 6 | -25° | 0.0% | 2P |
| | 28 | 6 | -25° | 0.0% | 3P |
| | 28 | 6 | -25° | 0.5% | 1G-0.5 |
| | 28 | 6 | -25° | 0.5% | 2G-0.5 |
| | 28 | 6 | -25° | 0.5% | 3G-0.5 |
| | 28 | 6 | -25° | 1.0% | 1G-1.0 |
| | 28 | 6 | -25° | 1.0% | 2G-1.0 |
| | 28 | 6 | -25° | 1.0% | 3G-1.0 |
| | 5 CICLOS REALIZADO | | | | |

| PROBETA | % GRAFENO | TEMPERATURA | HORNO (°C) | TIEMPO (Hr) |
|--------------------|-----------|-------------|------------|-------------|
| 1P | 0.00 | -25° | 40° | 2 |
| 2P | 0.00 | -25° | 40° | 2 |
| 3P | 0.00 | -25° | 40° | 2 |
| 1G-0.5 | 0.50 | -25° | 40° | 2 |
| 2G-0.5 | 0.50 | -25° | 40° | 2 |
| 3G-0.5 | 0.50 | -25° | 40° | 2 |
| 1G-1.0 | 1.00 | -25° | 40° | 2 |
| 2G-1.0 | 1.00 | -25° | 40° | 2 |
| 3G-1.0 | 1.00 | -25° | 40° | 2 |
| 5 CICLOS REALIZADO | | | | |

OBSERVACIONES:

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

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

Figura 62: Certificado de ensayo de congelación y deshielo a los 28 días

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2020 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayan / Zavala Villarroel, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm2 Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : LIMA Fecha de emisión: 30/09/2020 |

PROBETAS : Expuestas a solución sulfato de magnesio

| IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm2 | ESFUERZO kg/cm2 | F'c Diseño kg/cm2 | % F'c |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------|-----------------|-------------------|-------|
| PATRON | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 29638.0 | 176.7 | 165.5 | 210.0 | 78.8 |
| PATRON | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 29655.0 | 176.7 | 163.4 | 210.0 | 77.8 |
| PATRON | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 30180.0 | 176.7 | 170.8 | 210.0 | 81.3 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 33574.0 | 176.7 | 190.0 | 210.0 | 90.5 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 34052.0 | 176.7 | 192.7 | 210.0 | 91.8 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 34211.0 | 176.7 | 193.6 | 210.0 | 92.2 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 31595.0 | 176.7 | 178.8 | 210.0 | 85.1 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 32090.0 | 176.7 | 181.6 | 210.0 | 86.5 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 31737.0 | 176.7 | 179.6 | 210.0 | 85.5 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

| | | |
|---|---|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210506 |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

Figura 63: Certificado de ensayo a compresión a los 7 días

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2020 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayán / Zavala Villarreal, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm ² Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : LIMA Fecha de emisión: 30/09/2020 |

PROBETAS : Expuestas a congelación y deshielo

| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm ² | ESFUERZO kg/cm ² | F'c Diseño kg/cm ² | % F'c |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------|
| PATRON | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 30164.0 | 176.7 | 168.4 | 210.0 | 80.2 |
| PATRON | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 31299.0 | 176.7 | 172.5 | 210.0 | 82.1 |
| PATRON | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 29871.0 | 176.7 | 169.0 | 210.0 | 80.5 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 34352.0 | 176.7 | 194.4 | 210.0 | 92.6 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 35307.0 | 176.7 | 199.8 | 210.0 | 95.1 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 36387.0 | 176.7 | 206.8 | 210.0 | 98.0 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 32797.0 | 176.7 | 186.6 | 210.0 | 88.4 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 32532.0 | 176.7 | 184.1 | 210.0 | 87.7 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 30/09/2020 | 7 | 33133.0 | 176.7 | 187.5 | 210.0 | 89.3 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referente
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

| | | |
|---|---|--|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210506 |  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

Figura 64: Certificado de ensayo a compresión a los 7 días.

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2020 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayan / Zavaleta Villarroel, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm ² Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : LIMA Fecha de emisión: 07/10/2020 |

PROBETAS : Expuestas a solución sulfato de magnesio

| IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm ² | ESFUERZO kg/cm ² | F'c Diseño kg/cm ² | % F'c |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------|
| PATRON | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 34883.0 | 176.7 | 197.4 | 210.0 | 94.0 |
| PATRON | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 35377.0 | 176.7 | 200.2 | 210.0 | 95.3 |
| PATRON | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 35236.0 | 176.7 | 199.4 | 210.0 | 94.9 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 41562.0 | 176.7 | 235.2 | 210.0 | 112.0 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 41226.0 | 176.7 | 233.3 | 210.0 | 111.1 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 40785.0 | 176.7 | 230.8 | 210.0 | 109.9 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 37957.0 | 176.7 | 214.8 | 210.0 | 102.3 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 37728.0 | 176.7 | 213.5 | 210.0 | 101.7 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 37975.0 | 176.7 | 214.9 | 210.0 | 102.3 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

| | | |
|---|---|--|
| Elaborado por:  Jefe de Laboratorio | Revisado por:  MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos, Concreto, Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA |
|---|---|--|

Figura 65: Certificado de ensayo a compresión a los 14 días.

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2020 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayan / Zavala Villarroel, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm2 Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : LIMA |
| | Fecha de emisión: 07/10/2020 |

PROBETAS : Expuestas a congelacion y deshielo

| IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm2 | ESFUERZO kg/cm2 | Fc Diseño kg/cm2 | % Fc |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------|-----------------|------------------|-------|
| PATRON | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 35943.0 | 176.7 | 203.4 | 210.0 | 96.9 |
| PATRON | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 36332.0 | 176.7 | 205.6 | 210.0 | 97.9 |
| PATRON | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 35625.0 | 176.7 | 201.6 | 210.0 | 96.0 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 41598.0 | 176.7 | 235.4 | 210.0 | 112.1 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 42375.0 | 176.7 | 239.8 | 210.0 | 114.2 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 42516.0 | 176.7 | 240.6 | 210.0 | 114.6 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 39477.0 | 176.7 | 223.4 | 210.0 | 106.4 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 39989.0 | 176.7 | 226.3 | 210.0 | 107.8 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 7/10/2020 | 14 | 39866.0 | 176.7 | 225.6 | 210.0 | 107.4 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

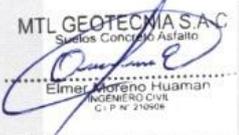
| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  |  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

Figura 66: Certificado de ensayo a compresión a los 14 días.

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2020 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Montañez Adama, Brayan / Zavaleta Villarroel, Alexis |
| TESIS | : "Análisis de la influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm ² Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | : LIMA Fecha de emisión: 21/10/2020 |

PROBETAS : Expuestas a solución sulfato de magnesio

| IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm ² | ESFUERZO kg/cm ² | Fc Diseño kg/cm ² | % Fc |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------|
| PATRON | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 35879.0 | 176.7 | 208.7 | 210.0 | 99.4 |
| PATRON | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 36897.0 | 176.7 | 208.8 | 210.0 | 99.4 |
| PATRON | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 36950.0 | 176.7 | 209.1 | 210.0 | 98.6 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 46634.0 | 176.7 | 263.9 | 210.0 | 125.7 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 47164.0 | 176.7 | 266.9 | 210.0 | 127.1 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 46740.0 | 176.7 | 264.5 | 210.0 | 125.9 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 43683.0 | 176.7 | 247.2 | 210.0 | 117.7 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 43541.0 | 176.7 | 246.4 | 210.0 | 117.3 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 43435.0 | 176.7 | 245.8 | 210.0 | 117.0 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

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

Figura 67: Certificado de ensayo a compresión a los 28 días

| | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------------|
| LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES | CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO | Código | FOR-LAB-CO-009 |
| | | Revisión | 1 |
| | | Aprobado | CC-MTL |
| | | Fecha | 1/06/2020 |

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

| | |
|--------------------|---|
| REFERENCIA | Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | Montañez Adama, Brayán / Zavala Villarreal, Alexis |
| TESIS | "Análisis de la Influencia del grafeno en la propiedad de durabilidad del concreto F'c 210 kg/cm2 Lima- 2020" |
| UBICACIÓN | LIMA Fecha de emisión: 21/10/2020 |

PROBETAS : Expuestas a congelación y deshielo

| IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN | FECHA DE VACIADO | FECHA DE ROTURA | EDAD EN DÍAS | FUERZA MÁXIMA kgf | ÁREA cm2 | ESFUERZO kg/cm2 | F'c Diseño kg/cm2 | % F'c |
|-----------------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|----------|-----------------|-------------------|-------|
| PATRON | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 37074.0 | 176.7 | 209.8 | 210.0 | 99.9 |
| PATRON | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 37091.0 | 176.7 | 209.9 | 210.0 | 99.9 |
| PATRON | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 37127.0 | 176.7 | 210.1 | 210.0 | 100.0 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 46899.0 | 176.7 | 265.4 | 210.0 | 126.4 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 45998.0 | 176.7 | 260.3 | 210.0 | 124.0 |
| 0.5 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 46740.0 | 176.7 | 264.5 | 210.0 | 125.9 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 43895.0 | 176.7 | 248.4 | 210.0 | 118.3 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 43435.0 | 176.7 | 245.6 | 210.0 | 117.0 |
| 1.0 % DE GRAFENO | 23/09/2020 | 21/10/2020 | 28 | 43753.0 | 176.7 | 247.6 | 210.0 | 117.9 |

EQUIPO DE ENSAYO

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

OBSERVACIONES:

- * No se observaron fallas atípicas en las roturas
- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material referentante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

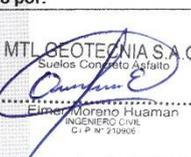
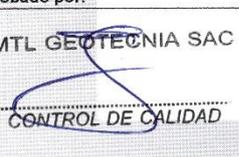
| | | |
|---|---|---|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
|  |  |  |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Control de Calidad MTL GEOTECNIA |

Figura 68: Certificado de ensayo a compresión a los 28 días

ANEXO 8. PANEL FOTOGRÁFICO.

| | |
|---|--|
|  | <p>FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> |
| <p>PANEL DE CONTROL</p> | |
| <p>TESIS</p> | <p>ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM² LIMA- 2020</p> |
| <p>TESISTAS</p> | <p>MONTAÑEZ ADAMA BRAYAN MARCELINO ZAVALA VILLARROEL ALEXIS GILMAR</p> |

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>FOTO N°1 Tamizaje de agregado fino y grueso.</p> | <p>FOTO N°2 Peso de agregado fino y grueso.</p> |
|  |  |
| <p>FOTO N°3 Ensayo de peso unitario seco.</p> | <p>FOTO N°4 Ensayo de peso unitario compactado.</p> |

Figura 69: Ensayo de materiales

Fuente: Elaboración propia

| | |
|---|---|
|  | FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |
| PANEL DE CONTROL | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM² LIMA- 2020 |
| TESISTAS | MONTAÑEZ ADAMA BRAYAN MARCELINO ZAVALA VILLARROEL ALEXIS GILMAR |

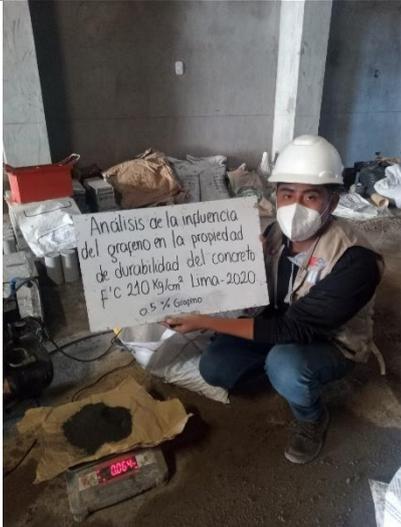
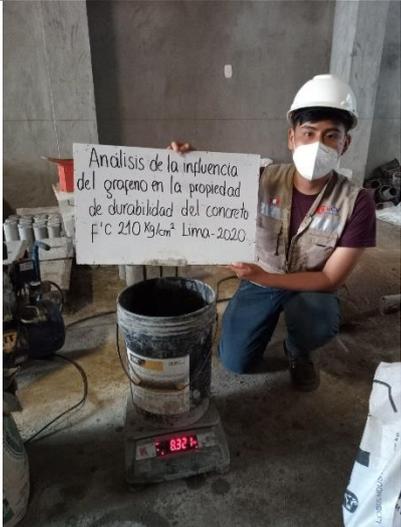
| | |
|---|--|
|  |  |
| FOTO N°9 Pesado de grafeno 0.50%. | FOTO N°10 Peso de los agregados fino y grueso. |
|  |  |
| FOTO N°11 Mezclado de los agregados | FOTO N°12 Vaciado en probetas. |

Figura 70: Diseño de mezcla con 0.50% de grafeno.

Fuente: Elaboración propia

| | |
|---|---|
|  | FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |
| PANEL DE CONTROL | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM² LIMA- 2020 |
| TESISTAS | MONTAÑEZ ADAMA BRAYAN MARCELINO ZAVALA VILLARROEL ALEXIS GILMAR |

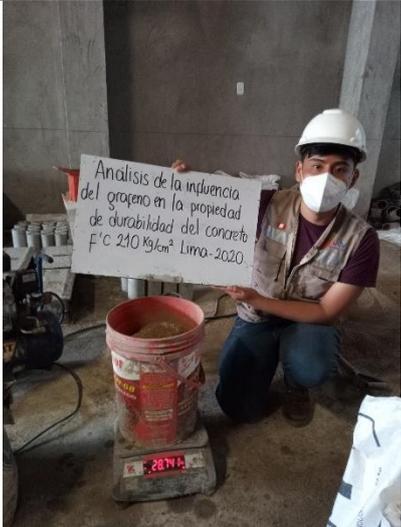
| | |
|---|--|
|  |  |
| FOTO N°13 Pesado de grafeno 1.00%. | FOTO N°14 Peso de los agregados fino y grueso. |
|  |  |
| FOTO N°15 Mezclado de los agregados | FOTO N°16 Vaciado en probetas. |

Figura 71: Diseño de mezcla con 1.00% de grafeno.

Fuente: Elaboración propia

| | |
|---|---|
|  | FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |
| PANEL DE CONTROL | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM² LIMA- 2020 |
| TESISTAS | MONTAÑEZ ADAMA BRAYAN MARCELINO ZAVALA VILLARROEL ALEXIS GILMAR |

| | |
|---|--|
|  |  |
| FOTO N°17 Chuceado | FOTO N°18 Enrazado. |
|  |  |
| FOTO N°19 Medición de la mezcla con 0.50% de grafeno | FOTO N°20 Medición de la mezcla con 1.00% de grafeno |

Figura 72: Slump

Fuente: Elaboración propia

| | |
|---|---|
|  | FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |
| PANEL DE CONTROL | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM² LIMA- 2020 |
| TESISTAS | MONTAÑEZ ADAMA BRAYAN MARCELINO ZAVALA VILLARROEL ALEXIS GILMAR |

| | |
|---|--|
|  |  |
| FOTO N°21 Curado de probetas. | FOTO N°22 Sulfato de Magnesio. |
|  |  |
| FOTO N°23 Peso inicial de Probetas. | FOTO N°24 Peso del sulfato de magnesio. |

Figura 73 Probetas expuesto a sulfato de magnesio.

Fuente: Elaboración propia



FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL DE CONTROL

| | |
|----------|---|
| TESIS | ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM ² LIMA- 2020 |
| TESISTAS | MONTAÑEZ ADAMA BRAYAN MARCELINO ZAVALA VILLARROEL ALEXIS GILMAR |

| | |
|---|--|
|  |  |
| FOTO N°25 Dilución del sulfato de magnesio | FOTO N°26 Inmersión de probetas. |
|  |  |
| FOTO N°27 Secado en horno | FOTO N°28 Peso final de probetas. |

Figura 74: Probetas expuesto a sulfato de magnesio.

Fuente: Elaboración propia

| | |
|---|---|
|  | FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |
| PANEL DE CONTROL | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM² LIMA- 2020 |
| TESISTAS | MONTAÑEZ ADAMA BRAYAN MARCELINO ZAVALA VILLARROEL ALEXIS GILMAR |

| | |
|---|--|
|  |  |
| FOTO N°29 Resistencia de la probeta patrón. | FOTO N°30 Resistencia de la probeta con 0.50% de G. |
|  |  |
| FOTO N°31 Resistencia de la probeta con 1.00% de G. | FOTO N°32 Resistencia de la probeta con 1.00% de G. |

Figura 75: Resistencia a compresión

Fuente: Elaboración propia

| | |
|---|---|
|  | FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |
| PANEL DE CONTROL | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM² LIMA- 2020 |
| TESISTAS | MONTAÑEZ ADAMA BRAYAN MARCELINO ZAVALA VILLARROEL ALEXIS GILMAR |

| | |
|---|--|
|  |  |
| FOTO N°33 Probetas en congeladora. | FOTO N°34 Temperatura del congelador. |
|  |  |
| FOTO N°35 Temperatura ambiente. | FOTO N°36 Secado en horno. |

Figura 76: Probetas expuesto a congelación - deshielo.

Fuente: Elaboración propia

| | |
|---|---|
|  | FACULTAD DE INGENIERÍA – ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |
| PANEL DE CONTROL | |
| TESIS | ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRAFENO EN LA PROPIEDAD DE DURABILIDAD DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM² LIMA- 2020 |
| TESISTAS | MONTAÑEZ ADAMA BRAYAN MARCELINO ZAVALA VILLARROEL ALEXIS GILMAR |

| | |
|---|--|
|  |  |
| FOTO N°37 Resistencia de la probeta patrón. | FOTO N°38 Resistencia de la probeta patrón. |
|  |  |
| FOTO N°39 Resistencia de la probeta con 0.50% de G. | FOTO N°40 Resistencia de la probeta con 1.00% de G. |

Figura 77: Resistencia a compresión

Fuente: Elaboración propia.