



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**USO DE POLVO DE GRAFITO COMO ADITIVO EN EL
CONCRETO F´C 210 KG/CM2 A FIN DE MEJORAR LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO**

PRESENTADA POR
JOSE DANIEL ALVARADO ROMERO
BRYAN ALEJANDRO ROQUE BALLARTA

ASESOR
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA
VÍCTOR ANTONIO ZELAYA JARA

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2020



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

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



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**USO DE POLVO DE GRAFITO COMO ADITIVO EN EL
CONCRETO F´C 210 KG/CM² A FIN DE MEJORAR LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

ALVARADO ROMERO, JOSE DANIEL

ROQUE BALLARTA, BRYAN ALEJANDRO

LIMA – PERÚ

2020

Dedicamos este trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, porque él es quien guía nuestros pasos día tras día por el sendero del bien, y nos brinda las fuerzas necesarias para poder cumplir nuestras metas, proyectos y objetivos trazados.

En segundo lugar, a nuestros padres, ya que confiaron en nosotros y nos brindaron todo el apoyo para vencer cualquier adversidad. Esto nos ha permitido avanzar en el camino de nuestro desarrollo personal y profesional.

Queremos mostrar nuestro profundo agradecimiento a nuestros asesores de tesis, puesto que trabajaron en este proyecto con dedicación y conocimiento; asimismo, a nuestra Universidad de San Martín de Porres por formarnos profesionalmente.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción del problema	14
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Objetivos	16
1.4. Justificación de la investigación	16
1.5. Alcances y limitaciones	16
1.6. Viabilidad o presupuesto de la investigación	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.2. Bases teóricas	23
2.3. Definición de conceptos básicos	42
2.4. Hipótesis	45
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	
3.1. Diseño metodológico	46
3.2. Población y muestra	47
3.3. Definición de variables	47

3.4. Operacionalización de variables	47
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
3.6. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos	47
CAPÍTULO IV RESULTADOS	
4.1. Análisis granulométrico de los agregados	49
4.2. Análisis granulométrico de los agregados gruesos	50
4.3. Análisis granulométrico de los agregados finos	52
4.4. Resumen de características físicas de los agregados	54
4.5. Diseño de mezcla 1 (patrón)	60
4.6. Diseño de mezcla 2 (polvo de grafito 2%)	61
4.7. Diseño de mezcla 3 (polvo de grafito 2.5%)	62
4.8. Diseño de mezcla 4 (polvo de grafito 3%)	63
4.9. Slump	64
4.10. Resistencia a la compresión	65
4.11. Ensayo de resistencia a la compresión	66
4.12. Comparación de patrón con polvo de grafito (7, 14 y 28 días)	72
4.13. Resistencia a la flexión	75
4.14. Comparación patrón y polvo de grafito	81
CAPÍTULO V RESULTADOS	
5.1. Contrastación de hipótesis	90
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES	96
FUENTES DE INFORMACIÓN	98

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Principales componentes del cemento Portland	26
Tabla 2 Requerimientos de granulometría para agregado fino	27
Tabla 3 Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días	33
Tabla 4 Análisis granulométrico de los agregados gruesos	51
Tabla 5 Análisis granulométrico de agregados finos	53
Tabla 6 Características físicas de los agregados gruesos	54
Tabla 7 Características físicas de los agregados finos	54
Tabla 8 Diseño de mezcla patrón	60
Tabla 9 Diseño de mezcla con 2 % de polvo de grafito	61
Tabla 10 Diseño de mezcla con 2.5 % de polvo de grafito	62
Tabla 11 Diseño de mezcla con 3% de polvo de grafito	63
Tabla 12 Slump según el diseño de mezcla	64
Tabla 13 Datos de probetas patrón – polvo de grafito (7 días)	66
Tabla 14 Resistencia promedio a compresión patrón / polvo de grafito (7 días)	66
Tabla 15 Datos de probetas patrón- polvo de grafito (14 días)	68
Tabla 16 Resistencia promedio a compresión patrón - polvo de grafito (14 días)	68
Tabla 17 Datos de probetas patrón- polvo de grafito (28 días)	70

Tabla 18 Resistencia promedio a compresión patrón - polvo de grafito (28 días)	71
Tabla 19 Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'_c=210$ kg/cm ³ patrón (7,14,28 días)	72
Tabla 20 Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'_c=210$ kg/cm ² polvo de grafito 2% (7,14,28 días)	73
Tabla 21 Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'_c=210$ kg/cm ² polvo de grafito 2.5% (7,14,28 días)	73
Tabla 22 Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'_c=210$ kg/cm ² polvo de grafito 3% (7,14,28 días)	73
Tabla 23 Datos de vigas patrón – polvo de grafito	75
Tabla 24 Promedio de esfuerzo a flexión	76
Tabla 25. Datos de vigas patrón – polvo de grafito	77
Tabla 26 Promedio de esfuerzo a flexión	78
Tabla 27 Datos de vigas patrón – polvo de grafito	79
Tabla 28. Promedio de esfuerzo a flexión	80
Tabla 29. Promedio de esfuerzo a flexión (patrón)	81
Tabla 30. Promedio de esfuerzo a flexión (2% de polvo de grafito)	81
Tabla 31. Promedio de esfuerzo a flexión (2.5% de polvo de grafito)	82
Tabla 32. Promedio de esfuerzo a flexión (3% de polvo de grafito)	82
Tabla 33 Promedio de esfuerzo a flexión (patrón)	83
Tabla 34 Promedio de esfuerzo a flexión (2% de polvo de grafito)	83
Tabla 35 Promedio de esfuerzo a flexión (2.5% de polvo de grafito)	83
Tabla 36 Promedio de esfuerzo a flexión (3% de polvo de grafito)	83
Tabla 37 Promedio de esfuerzo a flexión (patrón)	84
Tabla 38 Promedio de esfuerzo a flexión (2% de polvo de grafito)	84
Tabla 39 Promedio de esfuerzo a flexión (2.5% de polvo de grafito)	85
Tabla 40 Promedio de esfuerzo a flexión (3% de polvo de grafito)	85

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cono de Abrams	30
Figura 2. Prueba de asentamiento	30
Figura 3. Figura para la prueba de revenimiento	31
Figura 4. Configuración de pruebas	34
Figura 5. Estructura del grafito	40
Figura 6. Propiedades físicas	41
Figura 7. Tamices de granulometría	49
Figura 8. Análisis granulométrico de los agregados gruesos	50
Figura 9. Curva de análisis granulométrico de agregados gruesos	51
Figura 10. Análisis granulométrico de los agregados finos	52
Figura 11. Curva de análisis granulométrico de agregados finos	53
Figura 12. Peso específico con fiola del agregado grueso	55
Figura 13. Gravedad específica del agregado grueso	55
Figura 14. Peso unitario suelto del agregado grueso	56
Figura 15. Peso unitario compactado del agregado grueso	56
Figura 16. Peso específico con fiola del agregado fino	57
Figura 17. Gravedad específica del agregado fino	57
Figura 18. Peso unitario suelto del agregado fino	58
Figura 19. Peso unitario compactado del agregado fino	58

Figura 20. Agregado fino	59
Figura 21. Agregado fino y agregado grueso	59
Figura 22. Diseño de mezcla	60
Figura 23. Polvo de grafito	61
Figura 24. Polvo de grafito	62
Figura 25. Polvo de grafito	63
Figura 26. Slump	64
Figura 27. Slump según el diseño de mezcla	65
Figura 28. Ensayo de resistencia a la compresión	65
Figura 29. Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, patrón/polvo de grafito(7días)	67
Figura 30. Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, patrón/polvo de grafito (14días)	69
Figura 31. Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, patrón/polvo de grafito (28 días)	72
Figura 32. Comparación de resistencias promedios a compresión de muestras patrón / polvo de grafito (7,14 y 28 días de edad)	74
Figura 33. Ensayo de Resistencia a la flexión	75
Figura 34. Promedio de Esfuerzo a flexión en barras (7 días)	77
Figura 35. Promedio de esfuerzo a flexión en barras (14 días)	79
Figura 36 .Promedio de esfuerzo a flexión en barras (28 días)	81
Figura 37. Promedio de esfuerzo a flexión en barras	82
Figura 38. Promedio de esfuerzo a flexión en barras	84
Figura 39. Promedio de esfuerzo a flexión en barras	85
Figura 40. Comparación en esfuerzo a flexión (Kg/cm^2)	90
Figura 41. Comparación en esfuerzo a compresión (kg/cm^2)	91
Figura 42. Comparación en esfuerzo a compresión (kg/cm^2)	92
Figura 43. Comparación en esfuerzo a flexión (kg/cm^2)	93

RESUMEN

Esta investigación buscó determinar el comportamiento del polvo de grafito como aditivo nanotecnológico y sus efectos en las propiedades mecánicas del concreto, puesto que la ciencia hoy le reconoce al grafito inmejorables características que pueden ser aprovechadas por las empresas dedicadas a la elaboración de concreto y la ingeniería civil en general.

El objetivo de esta tesis es determinar la influencia de polvo de grafito en las propiedades mecánicas de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm², para lograrlo, se empleó una investigación de tipo cuantitativa, de nivel descriptivo, explicativo y comparativo. La muestra utilizada fue un concreto patrón al que se le agregó 2 %, 2.5 % y 3 % de polvo de grafito, con la finalidad de exponer cuánto mejoraba su rendimiento mecánico cada muestra agregada.

Se realizaron 4 diseños de mezcla con concreto patrón: al diseño 1, se le adicionó 0 % de polvo grafito; al diseño 2, se le aumentó 2 % de polvo de grafito; al diseño 3, se le añadió 2.5 % de polvo de grafito; y al diseño 4, se le aumentó 3 % de polvo de grafito. Los resultados indicaron que la resistencia a compresión y la resistencia a flexión de los cuatro diseños de mezcla favorecieron significativamente a las propiedades mecánicas del concreto, esto se logró porque la adición de polvo de grafito otorgó al concreto mayor fluidez y resistencia, con lo que se corroboró que el uso del polvo de grafito sí mejora las propiedades mecánicas del concreto $f'c$ 210 kg/cm².

Palabras claves: polvo de grafito, diseño de mezcla, propiedades mecánicas, resistencia a compresión, resistencia a flexión

ABSTRACT

This research is based on the behavior of graphite powder as a nanotechnological additive and its effects on the mechanical properties of concrete, since today science recognizes that graphite has unbeatable characteristics that can be used by companies dedicated to concrete preparation and civil engineering in general.

This research aims to determine the influence of graphite powder on the mechanical properties of f'c 210 kg/cm² concrete; to achieve this, a quantitative investigation with descriptive, explanatory, and comparative level was used. 2%, 2.5% and 3% of graphite powder were added to a standard concrete used as a sample, to know the mechanical performance of each sample.

Four mix designs were made with standard concrete: to first design, 0% graphite powder was added; to second design, 2% graphite powder was added; to third design, 2.5% graphite powder was added; and to fourth design, 3% graphite powder was added.

The results showed that the compressive strength and the flexural strength of the four mix designs significantly improved the mechanical properties of concrete, this was achieved because graphite powder addition gave concrete greater fluidity and resistance, this confirmed that the use of graphite powder does improve the mechanical properties of f'c 210 kg / cm².

Key words: graphite powder, mix design, mechanical properties, compressive strength, flexural strength

INTRODUCCIÓN

La manera de construir una infraestructura ha cambiado en los últimos años, pues actualmente los estándares de calidad exigidos son más rigurosos. Es por ello que, siendo el hormigón un material de uso cotidiano en la construcción a nivel mundial, se requiere un nuevo reto para mejorar su funcionalidad y rendimiento. Como una de las técnicas de mejora de propiedades del concreto se plantea la nano escala, puesto que, según Grafeno.co (2019), “la mayor parte de daños que presenta un concreto se debe a los defectos que se dan al momento de elaboración química del cemento” (párr. 1).

De acuerdo con el último censo de Vivienda y Construcción que se realizó en el Perú —que ya ha sido totalmente procesado— la mayor cantidad de concentración de la población en el país se encuentra en la costa, principalmente en la zona norte, comienza a disminuir en la sierra y, finalmente, desciende definitivamente en la selva. Este censo también arrojó que el concreto y la albañilería son los materiales más usados en el Perú para construir viviendas. La orientación hacia la albañilería y al concreto (“material noble” en términos locales) se debe a la percepción de que su uso es un sinónimo de progreso — suponen status, calidad, seguridad, comodidad, etc.—, por lo que se dejaría de lado las construcciones con materiales como la madera, el barro y el prefabricado.

La importancia del concreto y del cemento en la industria de la construcción a nivel mundial es trascendental puesto que el concreto, al igual que el agua, es lo más usado en la industria. Aproximadamente se producen

7 mil millones de m³ de concreto al año en el mundo y hay más o menos 7 mil millones de personas, lo cual quiere decir que al año cada persona consume cerca de 1 m³ de concreto.

El avance de la tecnología ha permitido que los materiales de construcción mejoren continuamente, por lo que permanentemente surgen nuevos retos para la construcción, así se plantea una mejora constante de ellos y, en este sentido, la aplicación de aditivos en la mezcla de materiales es una de las opciones más adecuadas.

Esta tesis se desarrolla en seis capítulos. En el Capítulo 1, se plantea el problema; en el Capítulo 2, se presenta el marco teórico; en el Capítulo 3, se describe la metodología de investigación; en el Capítulo 4, se consigna el desarrollo; en el Capítulo 5, se indican los resultados; y, finalmente, en el capítulo final, se contrastan dichos resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Las tecnologías modernas de ingeniería impulsan constantemente el desarrollo de materiales de construcción que posean diversas propiedades de alto rendimiento. Estos materiales no solo deben exhibir una mayor durabilidad y rendimiento mecánico, sino que deben incorporar funcionalidades que satisfagan múltiples usos con el fin de adaptarse a las futuras aplicaciones estructurales emergentes (Saez, 2008).

De igual forma, tal como lo exponen Dimov, et al. (2018):

Existe un amplio consenso en la comunidad de investigación de que el concreto, es una de los materiales de uso frecuente a nivel mundial, debe ser diseñado a nano escala, donde sus propiedades químicas y físico mecánicas pueden ser realmente mejoradas. (p. 1).

El sistema cementoso, por fuerte que sea en compresión, posee una baja resistencia a la tracción, así como también una tenacidad a la fractura debido a que la propagación de grietas tiene lugar a una carga de tensión más baja. En los últimos años, se han realizado esfuerzos para superar estas desventajas mediante el uso de nanomateriales en compuestos de cemento para mejorar sus propiedades (Beltrán, Barbudo y Agrela, 2016).

Desde los años 80, el concreto ha mejorado su desarrollo en el Perú, pues en la actualidad resulta sencillo lograr concretos convencionales de comercialización pública (desde 175 hasta 350 kg/cm²) sin necesidad de productos aditivos; sin embargo, ha surgido la necesidad de mejorar los concretos convencionales con la adición de escorias de la producción de otros materiales.

Los concretos convencionales han experimentado diferentes fases en su elaboración y optimización. En la actualidad, las investigaciones pretenden mejorar las propiedades del material a nivel nanotecnológico —es decir, a un nivel en el que se trabajan los átomos individualmente para crear nuevas estructuras moleculares (Alkhateb, 2013)—, pues solo si se llega a interpretar y comprender las características a este nivel, se podrá controlar las propiedades macroscópicas.

Sin embargo, en la actualidad no se han realizado estudios para conocer las propiedades, el funcionamiento y la resistencia del concreto al agregar el aditivo nanotecnológico en su estructura. Por otra parte, las pruebas de resistencia a la compresión son las más utilizadas para conocer la flexión uniaxial en cubos y vigas de hormigón.

Esta investigación se centró en un tema aun no abordado en las investigaciones realizadas hasta ahora: la determinación del mejoramiento de las propiedades mecánicas de un concreto convencional con la adición de nanomoléculas de polvo de grafito.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál será la influencia del polvo de grafito como aditivo en las propiedades mecánicas de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm²?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influye el polvo de grafito en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm²?

- ¿Cómo influye el polvo de grafito en la resistencia a la flexión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm²?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de polvo de grafito en las propiedades mecánicas de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm².

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia usando el 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm².
- Determinar la influencia usando el 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito en la resistencia a la flexión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm².

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Importancia de la investigación

Esta investigación permitió determinar el comportamiento del polvo de grafito como aditivo nanotecnológico, así como sus efectos en las propiedades mecánicas, ya que sus grandes características y propiedades pueden ser aprovechadas en el concreto, lo que incidiría directamente en el ingeniero civil y en las empresas dedicadas a la elaboración de concreto.

1.5. Alcances y limitaciones

El análisis del uso de polvo de grafito como refuerzo para el procedimiento mecánico del concreto, además del estudio del procedimiento correcto para implementar la dosificación correcta de polvo grafito el procedimiento mecánico del concreto son los principales alcances de esta investigación.

Las limitaciones para el presente proyecto fueron la falta de empresas ligadas a la venta de polvo de grafito en Lima y la mínima cantidad fuentes de información acerca de polvo de grafito.

1.6. Viabilidad o presupuesto de la investigación

La presente investigación fue de tipo cuantitativo y reunió características, recursos humanos, condiciones técnicas, operativas económicas y financieras que aseguraron el fiel cumplimiento de las metas y objetivos. Por otro lado, para complementar la investigación, se realizaron ensayos de laboratorio, con los cuales se determinó que el polvo de grafito mejora el procedimiento mecánico del concreto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Debido a que los nanomateriales poseen propiedades distintas a las de los macromateriales, las investigaciones en este campo han permitido el advenimiento de una nueva rama científica: la nanotecnología.

Para la presente investigación, se recabó información sobre el tema y se encontraron fuentes significativas que son recursos de interés internacional y nacional.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En Utilizando polvo de grafito para mejorar la conductividad del hormigón, la resistencia a la compresión y la trabajabilidad, Albayati, et al. (2020) investigaron el impacto del grafito como material cementoso suplementario en la conductividad del concreto para ayudar a futuras investigaciones que desarrollen ECC. Además, estudiaron el impacto del grafito sobre la resistencia a la compresión y la trabajabilidad.

La investigación se centró en la preparación de tres mezclas de concreto con diferentes porcentajes de grafito cada una, y una mezcla de control en el laboratorio. Las pruebas de compresión y depresión se realizaron en los laboratorios de la Sociedad Estadounidense de Materiales de Prueba (ASTM).

Las mediciones de conductividad de dos puntos se efectuaron en los días 1, 2, 7 y 28 del curado del concreto. Los resultados de investigación evidenciaron que la trabajabilidad del concreto fue afectada negativamente con todos los niveles de grafito y que se obtuvo un nivel óptimo de grafito para proporcionar la máxima resistencia a la compresión. Así, la resistencia eléctrica medida disminuyó y la conductividad aumentó en muestras con 0,5% y 1 % de grafito en comparación con el control, pero la conductividad disminuyó en los niveles de grafito por encima de la marca de grafito del 1 % (nivel de optimización de diseño de grafito). Finalmente, se empleó un microscopio electrónico de barrido (SEM) para explicar las diferencias de conductividad en muestras con varios tamaños de poro.

La investigación realizada por Dimov, et al., 2018 (Compuestos de grafeno nanograbado de ultra alto rendimiento para aplicaciones multifuncionales) presentó un innovador concreto multifuncional de nanoingeniería que mostró mejoras nunca antes vistas en el concreto estándar: aumentó la compresión en un 146 % y la resistencia a la flexión en un 79.5 %, y se optimizó el rendimiento térmico y eléctrico. Por otro lado, en comparación con el hormigón tradicional, disminuyó un promedio de 400 % con respecto a la permeabilidad al agua, por lo que se determinó que era una buena alternativa para construcciones con tendencia a inundarse o estar en constante contacto con el agua.

La gama de nuevas funcionalidades que presentó este estudio, se consiguió por la “adición de dispersantes de grafeno estabilizadas en agua”.

En Aumento de la tenacidad de fractura en cerments basados en carbonitruro de titanio mediante la adición de grafito, Chicardi, et al., (2015) desarrollaron cerments CSC con composición nominal (Ti, Ta) (C, N) – Co y con tenacidad de fractura optimizada. Estudiaron la reducción de la disolución de la fase cerámica mediante el uso de grafito como aditivo: diferentes cantidades de grafito se añadieron en la etapa de mezclado de fases previo al sintetizado. La adición progresiva de grafito dio lugar a una

continua disminución del contenido de Ti y Ta en fase ligante, lo que permitió la formación de fases más ricas en Co. Estos cambios tuvieron un efecto positivo en las propiedades mecánicas pues consiguieron un aumento importante en la tenacidad y la resistencia a la fractura mientras se mantenían los valores elevados de dureza.

En *Un estudio comparativo sobre la evaluación del desempeño de GNP / CNT híbridos en morteros convencionales y autocompactantes*, Farooq, et al., (2019) investigaron el rendimiento de las nanoplaquetas de grafito y los nanotubos de carbono tanto en morteros convencionales como en autocompactantes. Se realizaron pruebas de trabajabilidad, contracción lineal, propiedades reológicas, resistencia a la flexión y compresión, y la retención de aire y la cantidad de absorción de agua. Concluyeron que, mediante la adición de nanomedios en la matriz de cemento, la trabajabilidad, la contracción lineal, la retención de aire y la cantidad de absorción de agua se reducen de manera contundente en comparación con las mezclas de control; mientras que la tensión de fluencia, la viscosidad plástica, la resistencia a la compresión y flexión aumentaron significativamente.

La respuesta de contracción de SCM-3 y CCM-3 representó una reducción del 66 % y 61 %, respectivamente. Además, el límite elástico y la viscosidad plástica aumentaron 53 % y 12 %, respectivamente. Al agregar la desviación de los nanomedios en la propagación de grietas, se encontraron más sitios de nucleación, capturando los microhuecos, llenando los poros y empaquetando densamente los productos hidratados. Se observó un aumento de la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión. Por lo tanto, los nanomedios híbridos se pudieron introducir como un candidato potencial en la matriz de cemento para mejorar las propiedades estructurales

Lomarat, et al 2014 (*Efecto de la fibra de carbono y el polvo de grafito sobre la resistividad del sensor a base de cemento bajo compresión*) estudió “la resistividad eléctrica y la resistencia a la compresión de los sensores a base de cemento con la adición de fibra de

carbono (fracción de 2 % y 4 % en volumen) y polvo de grafito (2 %, 4 % y 10 % en peso de cemento)” en tres relaciones de agua a aglutinante (p / p): 0.3, 0.4 y 0.5. Durante 28 días después del desmoldeo, se monitoreó la resistividad de los sensores sin carga para determinar la influencia de su madurez. A la edad de 28 días, se evaluó su resistencia a la compresión. Después, el cambio fraccional en resistividad (FCR) de los sensores se midió bajo un conjunto de carga compresiva, que comprendía tres ciclos de carga (0.0025, 0.005 y 0.01). A partir de los resultados de la prueba, se demostró que la fibra de carbono fue más favorable que el polvo de grafito. Aunque la adición de polvo de grafito redujo la resistividad, disminuyó la resistencia a la compresión y fluctuaron mucho los resultados de resistividad de los sensores a base de cemento. En términos de piezoresistividad, todos los sensores proporcionaron buenas respuestas solo cuando la tensión de compresión fue inferior a 0,005.

Osorio (2016), en su tesis *Preparación de materiales grafénicos para uso como electrodos en sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía* buscó el alótropo de carbono más estable que existe. Los átomos de C presentan hibridación sp² y forman tres enlaces covalentes en el mismo plano con un ángulo de 120°. El grafeno es de color grisáceo con brillo metálico y refractario. Se emplea comúnmente en la fabricación de minas de lápices, como lubricante, como moderador en reacciones nucleares y —gracias a que puede ser exfoliado fácilmente— como recurso de materiales grafénicos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ccopa (2017), en su investigación *Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto estudió el comportamiento del grafeno utilizado como aditivo nanotecnológico a 3800 msnm con respecto a la resistencia que ofrece el concreto a la compresión*. Las pruebas en campo se llevaron a cabo en un concreto patrón cuya resistencia a ser comprimido fue de 210 kg/cm² durante 28 días y en un concreto adicionado con diferentes dosificaciones de grafeno, expresadas en porcentajes, calculadas en base a la proporción del peso del cemento utilizado. El porcentaje de grafeno adicionado osciló entre los 0.5 % y 1.5 %.

Se obtuvo como resultado que la consistencia aumentó según la cantidad de grafeno adicionado.

Apaza y Quispe (2018) en su tesis *Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono intentaron mejorar las mezclas de concreto con nanotubos de Carbono*, empleando para ello dos tipos de cemento. El procedimiento implicó la caracterización de cada uno de los componentes para luego evaluar el proceso de dispersión de los nanotubos de carbono a través de agentes dispersantes y el proceso de sonicación como estrategia de dispersión. Se elaboraron muestras y pruebas de concreto mediante ensayos que analizaron compresión, tracción, flexión, permeabilidad y módulo de elasticidad. Los resultados determinaron que al ser comparados con la mezcla patrón, la cual no tiene adición de nanotubos de carbono, la cual no tiene adición de Nanotubos de Carbono, pero sí todos los demás componentes en la misma proporción que las demás mezclas para poder apreciar la distribución de los nanotubos.

En *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto F'C 210 KG/CM*, Isidro (2017) investigó el efecto de la adición de fibras de polipropileno en una mezcla de hormigón. Para ello, analizó las variables de las propiedades del hormigón (compresión, resistencia a la flexión, costo, nivel de trabajabilidad), además del efecto con las fibras de polipropileno, para lo cual se utilizaron materiales propios de la ciudad de Puno con la finalidad de lograr una caracterización estándar.

Las gradaciones de los agregados gruesos se efectuaron de acuerdo a la norma ASTM C 33 (tamaño N.º 57, considerado estándar, con un T.M de 1 ½"). Transcurrido 28 días desde la elaboración del concreto f'c 210 kg/cm² se determinó que se redujo la resistencia del concreto a la compresión entre el 5.47 % y el 12.27 % gracias a la fibra de 19mm de propileno, pero se incrementó la resistencia del concreto a la flexión entre el 5.12 % y el 16.75%.

Munguía (2019), en su investigación *Análisis comparativo físico-mecánico entre fibras de acero y teraftalato de polietileno en la adición al concreto para el pavimento rígido de la av. El Ejercito-2019* buscó determinar cómo influyen las fibras de acero y teraftalato de polietileno al ser agregados al concreto para el pavimento rígido de la zona de estudio. Obtuvo que, en los diseños de mezcla 1, 2 y 3 —con incorporación de 0%, 3% y 5% de PET, respectivamente— disminuye el asentamiento según la cantidad agregada de PET; lo mismo ocurrió en los diseños de mezclas 4 y 5 respecto al diseño de la mezcla 1 a los que se le incorporó 5 % y 10 % de fibra de acero, el asentamiento va disminuyendo al adicionar más fibra de acero.

En *Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto f'c 210 kg/cm² Tarapoto, 2018*, Bartra (2019) se centró en demostrar cuál es la influencia del grafeno al agregar a la mezcla de concreto como elemento nanotecnológico con la finalidad de mejorar las propiedades de endurecimiento y frescura. Con este fin, analizó cada uno de los materiales a emplear en la mezcla para obtener valores fidedignos del concreto y su resistencia. Diseñó cuatro mezclas, una de ellas sin adición de grafeno, y las siguientes 3 con este aditivo, pero en diversas proporciones. El concreto patrón se elaboró con la finalidad de que alcance dentro de 28 días calendario una resistencia de 210 kg/cm². Con la adición del grafeno, se determinó que no se afecta su trabajabilidad en estado fresco. Se obtuvo como resultado que la adición del grafeno estuvo directamente relacionada con la resistencia del concreto. Por otro lado, también se determinó que el endurecimiento del concreto se produjo en menor tiempo gracias a la adición del grafeno.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Definición y conceptos

a) Concreto

Es una mezcla de varios materiales que incluyen cemento, agua, agregado fino y piedras trituradas o grava. La arena y la grava o las piedras trituradas son ejemplos de agregado fino y agregado grueso. Ambos permiten que la

mezcla se torne “rígida con propiedades aislantes y resistentes” (Pasquel, 1998, p. 32).

b) Propiedades del concreto

Las compañías de concreto anuncian las propiedades ventajosas del concreto por buenas razones. El concreto tiene muchos atributos increíbles que lo hacen excelente para edificios y estructuras. Algunas de estas propiedades incluyen:

c) Fuerza

El hormigón es un material muy resistente que soporta grandes tensiones de tensión y compresión sin ceder. Esta resistencia es, por supuesto, una función de los componentes materiales de la mezcla de concreto. La variabilidad explica por qué el concreto mal graduado es más débil que una mezcla bien graduada. La resistencia del hormigón lo hace adecuado para la construcción de cimientos, instalaciones de tratamiento de aguas residuales, superestructuras y otros establecimientos.

d) Trabajabilidad

Consiste en la facilidad de uso de un material o equipo en particular y cómo conserva la calidad durante su uso. A las compañías de concreto les resulta fácil mezclar concreto. El posterior proceso de manipulación, transporte, colocación y acabado también es tan sencillo como la mezcla. Debido a tal facilidad de uso, el concreto es un material extremadamente manejable para grandes proyectos de construcción.

e) Durabilidad

El concreto dura por años, incluso en condiciones muy adversas. El hormigón puede resistir la acción de la intemperie, la acción química, la abrasión y la tensión de tracción y compresión durante largos períodos sin comprometer su integridad estructural. Este atributo hace que una estructura de hormigón sea más estable y adecuada para lugares con condiciones difíciles.

f) De larga duración

El concreto puede durar más de mil años. De hecho, los primeros casos de concreto elaborado por el hombre se remontan al 500 a. C. El hecho de que aún podamos ver este concreto muestra cuán duradero es. El trabajo comercial en concreto requiere poco mantenimiento, salvo algunos retoques en el acabado. La longevidad del hormigón lo convierte en un gran material para edificios permanentes y otras estructuras como puentes e incluso presas.

g) Económico

Los contratistas prefieren el concreto porque es barato y hace un gran trabajo en obras de construcción. El hormigón también es muy versátil y puede usarse para una variedad de estructuras, como edificios, pavimentos, caminos y puentes.

Las muchas propiedades del concreto lo convierten en un material increíblemente importante para la industria de la construcción

2.2.2. Materiales y componentes

a) Cemento

En relación con relación el cemento, en una variedad de fuentes se menciona características asociadas a su composición química, molecular y, además, se exponen algunos aspectos como los que resalta Ccopa (2017) de la siguiente manera:

El cemento, generalmente en forma de polvo, actúa como agente aglutinante cuando se mezcla con agua y agregados. Esta combinación será vertida y endurecida en el material duradero. Así mismo, está compuesto de rocas areniscas, arcillas y rocas calizas, para su elaboración es extraído de minas o canteras que posteriormente pasan por un proceso industrial en donde es molido finamente. Cuando el cemento entra en contacto con el agua, se endurece y obteniendo propiedades adherentes y resistentes.

Los principales componentes del cemento se detallan a continuación:

Tabla 1
Principales componentes del cemento Portland

Nombre del Componente	Composición oxida	Abreviatura
Silicato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato Bicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Aluminoferrato	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	SO_3

Fuente: Pasquel, 1998

b) Agregados

Dado que los agregados finos o gruesos ocupan entre el 60% y 75% del volumen final del concreto (70 % al 85 % de masa), no se puede pasar por alto la calidad y el tipo del agregado que se usará, pues de ello dependerán las propiedades del concreto cuando esté fresco y cuando endurezca. Así pues, según el propósito de la construcción, se determinará la calidad y el tipo de agregado del concreto (agregado fino o arenas y el agregado grueso o grava), así como su tamaño, densidad, forma, grano, etc., ya que estos aspectos afectan directamente el concreto en su resistencia y durabilidad.

b.1) Los agregados finos

Están conformados por arena natural o por arena fabricada, y se puede obtener partículas de polvo de hasta 3/8 pulgadas. Los agregados se dimensionan pasándolos a través de pantallas con aberturas estándar llamadas tamices.

El análisis granulométrico deberá concordar con los valores retenidos en las mallas N.º 4 a N.º 100. La arena o agregado fino no deberá “ser retenido en un porcentaje mayor a “45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.” Para evitar esto, se recomienda que la granulometría opere en los valores que se indican a continuación:

Tabla 2
Requerimientos de granulometría para agregado fino

MALLA	% QUE PASA
3/8	100
4	95 – 100
8	80 – 100
16	50 – 85
30	25 – 60
50	10 – 30
100	2 – 10

Fuente: Norma ASTM C – 33

b.2) El agregado grueso

Sus partículas varían en tamaño desde 6 a 0.05 pulg. Para el pavimento, es común que el tamaño máximo de agregado varíe de 1 a 1.5 pulg. Gracias a su tamaño, es considerado el principal componente del concreto y del hormigón. Esto hace que su calidad sea esencial con la finalidad de obtener excelentes resultados en las estructuras. (Burgos, 2012).

Los agregados deberán contar con partículas resistentes, además no deben contener otro tipo de materiales que causen una reacción química con la pasta que pueda conducir al deterioro del concreto. Las pruebas de detección están disponibles para determinar la idoneidad de los agregados para su uso en concreto.

c) El agua

Según Burgos (2012) “el agua apta para beber se utiliza para la producción y construcción de hormigón. El agua utilizada para el concreto debe estar limpia y libre de vegetación, materia nociva y ácidos”. (p. 30).

2.2.3. Concreto fresco

a) Trabajabilidad

Es la propiedad del concreto recientemente mezclado, en función de su facilidad y homogeneidad para mezclarse, colocarse, consolidarse y terminarse. Este concepto es definido por la Estándar ACI 116R-90 (ACI, 1990b).

Por otro lado, la ASTM, define trabajabilidad como la propiedad que establece la cantidad de esfuerzo que se requiere para manipular una cierta cantidad de mezcla de concreto.

b) Factores que afectan la trabajabilidad

b.1) Cantidad de agua en la mezcla del concreto

El contenido de agua tendrá influencias importantes en la trabajabilidad en un volumen dado de concreto, pues cuanto mayor sea la cantidad de agua por m³ de hormigón, mayor será la fluidez del hormigón. El requerimiento de agua se asocia principalmente con la absorción por la superficie de los agregados y el llenado de los vacíos entre los agregados.

b.2) El tamaño de los agregados

La trabajabilidad está directamente relacionada con el tamaño de los agregados, pues el tamaño del agregado depende de la cantidad de agua y de pasta requerida para la mezcla. En consecuencia, para obtener una mayor trabajabilidad será necesario que el agregado sea de mayor tamaño.

b.3) La forma de los agregados

La forma de los áridos influye seriamente en la trabajabilidad del hormigón, según se detalla a continuación.

- El agregado angular, escamoso y alargado reduce la trabajabilidad.
- Los agregados redondeados o subredondeados aumentan la trabajabilidad debido a la reducción del área de superficie para

un volumen o peso dado. Por lo tanto, hay un exceso de pasta disponible para dar un mejor efecto lubricante.

- El agregado de forma redondeada tiene menos resistencia a la fricción y brinda una alta trabajabilidad en comparación con los agregados angulares, escamosos o alargados.

b.4) La porosidad de los agregados

El agregado poroso y no saturado requerirá más agua que los agregados no absorbentes. Para el mismo grado de trabajabilidad, este último requerirá menos agua. En general, este factor es solo de importancia secundaria.

c) Usos de aditivos de concreto

Este es uno de los métodos más utilizados para mejorar la trabajabilidad del hormigón. Los aditivos de hormigón como plastificantes y superplastificantes mejoran enormemente la trabajabilidad.

Los agentes de arrastre de aire también se utilizan para aumentar la trabajabilidad, pues crean una gran cantidad de burbujas de aire muy pequeñas que se distribuyen por toda la masa de concreto, actúan como rodillos y aumentan la trabajabilidad.

2.2.3.1. Pruebas de trabajabilidad

Según la definición de la trabajabilidad, aún no se encuentra una prueba que se considere aceptable para poder medirla. No obstante, los métodos aplicables dan como resultado una medida referida solo al método específico que se empleó. Sin embargo, a pesar de esta condición, tiene una aceptación gracias a su fácil operación. Además, es capaz de detectar cualquier tipo de variación que presente en la uniformidad de la mezcla. Dentro de estas pruebas encontramos:

a) Los ensayos de conos de Abrams

La prueba de asentamiento fue introducida en 1918 por Duff Abrams, quien definió los efectos de la relación agua / cemento en la resistencia del concreto. La prueba se realiza con el cono de asentamiento (cono Abrams), que proporciona una medición cualitativa de trabajabilidad, pero no una indicación directa de la relación agua / cemento (Backus, 2019).



Figura 1. Aparatos prueba slump
Fuente: indiamart (2008).

Para la prueba de asentamiento ASTM C143 y AASHTO T 119, se coloca un cono de asentamiento sobre una base sólida y nivelada y se llena con concreto fresco en tres capas iguales con varillas de una manera específica para consolidar. El hormigón se golpea con la parte superior del cono, y el cono se levanta con cuidado. La muestra luego se asienta o se desploma; la altura final se resta de la altura original del cono y se registra.

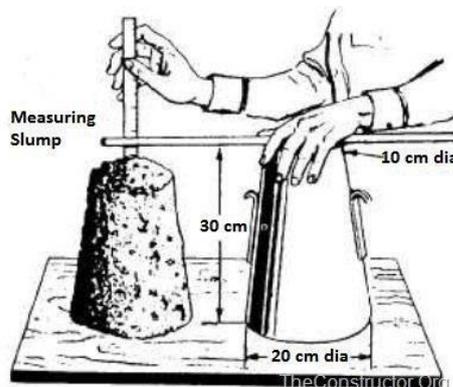


Figura 2. Prueba de asentamiento
Fuente: Backus, B. (2019).

Los hundimientos de 4 a 6 pulgadas (100 a 150 mm) generalmente se consideran en un rango deseable para las operaciones típicas de colocación y acabado, siempre que también tengan proporciones adecuadas de w / cm y cumplan con los requisitos de diseño de la mezcla cuando se colocan. La forma o perfil de la depresión también se anota y se usa para juzgar la confiabilidad de cada prueba:

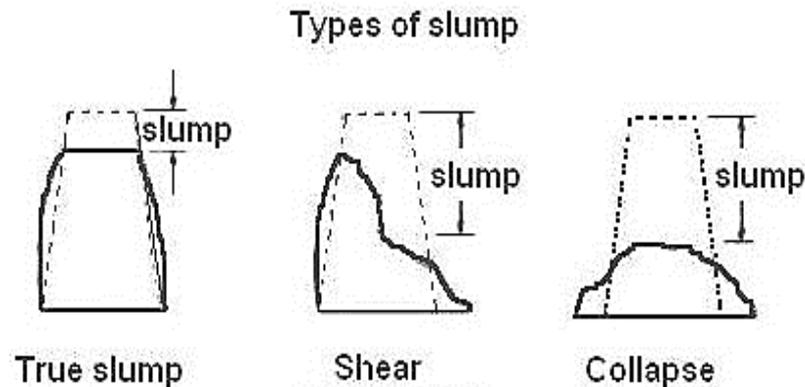


Figura 3. Figura para la prueba de revenimiento
Fuente: Backus, B. (2019).

Verdadero hundimiento: el hormigón se desploma manteniendo su forma general.

Depresión de corte: la parte superior del concreto se corta y se desliza hacia los lados.

Derrumbamiento: el concreto se derrumba por completo, probablemente debido a que la mezcla está demasiado húmeda.

2.2.3.2. Segregación

Se presenta cuando se separan los componentes que conforman una mezcla heterogénea, de manera que no sea uniforme su destrucción. Con referencia al concreto, se puede afirmar que la principal causa de segregación está directamente relacionada con el tamaño de las partículas (Neville, 1998).

2.2.4. Concreto endurecido

Se refiere a la resistencia de compresión del concreto, está directamente relacionada con la calidad. En algunos casos la resistencia que ofrece el concreto a la compresión suele considerarse como la más importante, pero no por ello dejan de ser importantes la impermeabilidad, la estabilidad del volumen y la durabilidad (Neville, 1998).

2.2.4.1. Resistencia a la compresión

Se presenta cuando el concreto ofrece resistencia al ser sometido a máximos esfuerzos sin llegar a romperse; es decir, la medida de resistencia se encuentra diseñada para soportar dichos esfuerzos de compresión (Neville, 1998).

2.2.4.1.1. Factores que provocan a la resistencia

El tiempo y los cambios de temperatura son factores que afectan significativamente la resistencia del concreto (Pasquel, 1998). Es por ello que el cemento cumpla con las exigencias requeridas, así como que sea mezclado correctamente, pues la cantidad de cemento agregado en la mezcla está directamente relacionada con la resistencia, ya que, a mayor cemento, mayor será la resistencia del concreto. Así también, los agregados, su tamaño, la relación agua-cemento, el aire, el curado del concreto y el fraguado son factores que repercuten en la resistencia.

2.2.4.1.2. Pruebas de compresión

Para tener una buena calidad en el concreto, después de el vaciado le sigue la etapa del curado que consiste en controlar la pérdida de agua que tiene el concreto a consecuencia del viento, el sol, etc., con el objetivo de garantizar la máxima hidratación del cemento.

Tabla 3
Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$F'_c(t)/F'_c 28$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Fuente: Hamsen (1995), *Diseño de estructuras de concreto armado*

2.2.4.1.3. Durabilidad, permeabilidad y estabilidad de volumen

a) Durabilidad

Debido a que el tiempo afecta la durabilidad del concreto, este debe tener la propiedad de endurecer y así mismo conservar sus propiedades a lo largo de todos sus años de vida. Es así que, cuando el concreto resiste en grado satisfactorio todas las condiciones durante su tiempo de servicio, se dice que es un concreto durable (Román & Pillpinto, 2016).

b) Permeabilidad

Debido a que su composición (agregado grueso, agua y cemento) hace que tenga casi o nada de finos, el concreto permeable es ideal para construcciones de pavimento, ya que su estructura porosa facilita la absorción del agua cuando llueve (Benavides, et al., 2015).

c) Estabilidad de volumen

Está directamente relacionada con la temperatura, esfuerzos aplicados y la humedad. Presenta variaciones que van desde el 0.01% hasta 0.08%. Por otro lado, los esfuerzos a los que puede ser sometido el concreto dan lugar a que se deforme elásticamente, lo que también conocido como 'fluencia' (Yañes, 2014).

2.2.4.2. Resistencia a la flexión

Es una medida que se relaciona indirectamente con la tracción del hormigón. Al ser una medida de tensión máxima en la cara

de tensión de una viga o losa de hormigón no reforzado en el punto de falla en la flexión, se mide cargando vigas de hormigón de 150 x 150 mm (o 100 x 100 mm) con una longitud de al menos tres veces la profundidad.

La resistencia es expresada como módulo de ruptura (MR) en MPa y se determina por medio de los métodos de prueba estándar ASTM C78 (carga de tercer punto) o ASTM C293 (carga de punto central).

El tamaño de la muestra y el tipo de carga impactan la resistencia a la flexión medida y las comparaciones o requisitos deben basarse en el mismo tamaño de viga y configuración de carga. La MR medida por la carga del tercer punto (ASTM C78) es menor que la determinada por la carga del punto central (ASTM C293), a veces hasta en un 15%. También se observa que se medirá una menor resistencia a la flexión con muestras de haz más grandes.

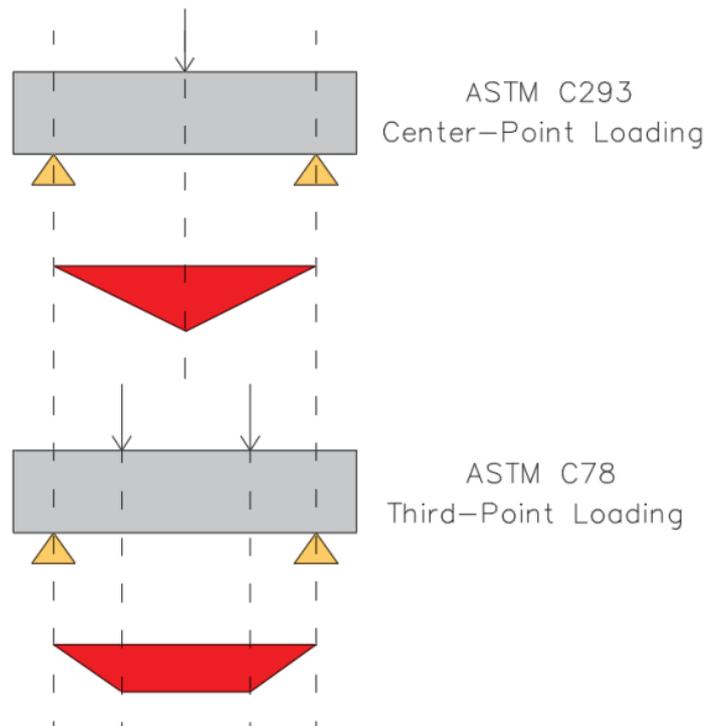


Figura 4. Configuración de pruebas
Fuente: Fuente: ASTM C293 – ASTM C78

La resistencia a la flexión es aproximadamente del 10 al 15% de la resistencia a la compresión, según las proporciones de la

mezcla y el tipo, tamaño y volumen del agregado grueso utilizado. Para el diseño de los miembros del edificio, se obtiene una estimación del MR mediante:

$$F_r = 7.5 \sqrt{f'_c}$$

Donde:

F_r es el MR y f'_c es la resistencia a la compresión especificada. Cuando la MR es crítica para el diseño, la mejor estimación se establece a partir de pruebas de laboratorio para mezclas específicas y materiales utilizados.

a) Usos de la resistencia a la flexión

El diseño del espesor de los pavimentos de hormigón se basa en la resistencia a la flexión o MR. Los factores incluyen carga de tráfico y rigidez de subrasante. Los diseñadores de pavimentos a menudo requieren la validación de que la mezcla propuesta logrará la MR utilizada en el diseño.

La resistencia a la flexión falla de manera conservadora al calcular la resistencia a la flexión nominal para el diseño de elementos estructurales. La resistencia a la flexión, estimada a partir de la relación empírica, se usa para estimar el esfuerzo de tracción que causa el agrietamiento del concreto no reforzado y para evaluar las deflexiones en las cargas de servicio.

2.2.5. Diseño de mezclas

La aplicación de conocimientos científicos, técnicos y prácticos busca crear, mediante la composición del concreto, un material capaz de satisfacer las demandas que lo requieran.

2.2.5.1. Método de ACI

El comité 211 de la ACI ha elaborado un simple pero eficiente procedimiento de mezclas que, con el uso de tablas, da

como resultado los valores de todos los materiales por metro cubico que integran el concreto.

Los materiales requeridos para la elaboración de una unidad cubica de concreto deben cumplir con una secuencia lógica que posteriormente dará lugar a una mezcla realizada en función de las necesidades requeridas para la obra que se efectuará.

2.2.5.2. Método del módulo de fineza

Con la aplicación de este método se consigue que la relación de los agregados (finos y gruesos) varíe en función del contenido de la pasta del cemento. Es así que “en un grupo de investigación de laboratorio de concreto, han formulado un procedimiento de selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto” (Riva López, 2010).

2.2.6. Aditivos

2.2.6.1. Definición y conceptos generales

No están comprendidos dentro de los materiales comúnmente utilizados (agregados, agua, cemento, etc.) para la elaboración del concreto, ya que los aditivos son usados como componentes adicionales empleados durante la mezcla con la finalidad de modificar una o varias propiedades para que conseguir mejor adaptabilidad al trabajo requerido.

2.2.6.2. Tipos y usos

Se clasifican de acuerdo con las modificaciones que aportan al hormigón: aditivos que modifican las propiedades físicas, los que modifican las propiedades químicas, y los que modifican las propiedades físico-mecánicas. Podría también hacerse una distinción según su composición química, su aspecto (líquido, pastoso, en polvo, etc.).

Tipo A	:	Reductor de Agua
Tipo B	:	Retardador
Tipo C	:	Acelerador
Tipo D	:	Reductor de Agua, de efecto retardador
Tipo E	:	Reductor de Agua, de efecto acelerador

Fuente: Norma ASTM C-54

2.2.7. Nanotecnología en la ingeniería civil

Está enfocada principalmente al estudio, el diseño, la síntesis, la creación, la manipulación y la aplicación de sistemas funcionales mediante el control de la materia a nanoescala.

a) Definición y clasificación de los nanomateriales

Es un material natural, incidental o manufacturado que contiene partículas en estado no unido o como agregado o como aglomerado, en el que, para el 50% o más de las partículas en la distribución de tamaño numérico, una o más dimensiones externas están en el rango de tamaño 1 nm - 100 nm.

En casos específicos —y cuando lo justifiquen las preocupaciones por el medio ambiente, la salud, la seguridad o la competitividad— el umbral de distribución del tamaño del número del 50% puede reemplazarse por un umbral entre 1 y 50%.

No obstante, los fullerenos, las escamas de grafeno y los nanotubos de carbono de pared simple con una o más dimensiones externas por debajo de 1 nm deben considerarse nanomateriales.

Los nanomateriales pueden existir naturalmente, crearse como subproductos de reacciones de combustión o producirse intencionalmente mediante ingeniería para realizar una función especializada. Estos materiales pueden tener diferentes propiedades físicas y químicas a sus contrapartes de forma masiva (Díaz del Castillo, 2012).

b) Ventajas de los nanomateriales

Las propiedades de los nanomateriales, particularmente su tamaño, ofrecen varias ventajas diferentes en comparación con la forma en masa de los materiales, y su versatilidad en términos de la capacidad de personalizarlos para requisitos específicos acentúa su utilidad. Una ventaja adicional es su alta porosidad, que aumenta la demanda para su uso en una multitud de industrias.

En el sector de la energía, los nanomateriales son ventajosos porque permiten que los métodos existentes para generar energía (paneles solares, por ejemplo) sean más eficientes y rentables, así como abren nuevas formas de aprovechar y almacenar energía.

Los nanomateriales también introducen una serie de ventajas en la industria de la electrónica y la informática. Su uso permite un aumento en la precisión de la construcción de circuitos electrónicos a nivel atómico, y ayudan al desarrollo de numerosos productos electrónicos.

La gran relación superficie-volumen de nanomateriales es especialmente útil en el campo médico, pues permite la unión de células e ingredientes activos, lo que aumenta la probabilidad de combatir con éxito diversas enfermedades.

c) Basados en carbono

Como su nombre lo dice, está compuesto —en su gran mayoría— por carbono y adopta formas tales como elipsoides, tubos o esferas huecas. Estos nanomateriales, según su forma, se denominan “fullerenos” (si tienen forma esférica o elipsoidal) y “nanotubos” (si tienen forma de cilindros).

d) Basados en metales

Este tipo de nanomateriales están constituidos por nanopartículas de plata, oro y óxidos metálicos.

e) Dendrímeros

Son polímeros de tamaño nanométrico contruidos a partir de unidades ramificadas. La superficie de un dendrímero tiene numerosos extremos de cadena que se pueden adaptar para desempeñar funciones químicas específicas e, incluso, se podría utilizar para la catálisis (Díaz del Castillo, 2012).

f) Compuestos

Es la combinación de diversas nanopartículas o de nanopartículas con otros materiales de un tamaño superior. La combinación da como resultado una mejora considerable en las propiedades mecánicas.

2.2.8. Polvo de grafito

2.2.8.1. Definición y conceptos generales

El grafito es uno de los elementos más interesantes que se encuentran en la Tierra. Se encuentra naturalmente en forma mineral y se produce en procesos sintéticos. El primer uso del grafito se remonta al hombre primitivo, que lo utilizó para dibujar en las paredes de la cueva. También fue utilizado por los egipcios para decorar cerámica. Durante la Edad Media, el grafito se utilizó como refractario para revestir moldes con el fin de hacer bolas de cañón más suaves, que podrían dispararse más lejos. A lo largo de la historia, el grafito se ha confundido con otros minerales, especialmente la galena y el molibdeno.

2.2.8.2. Características

- El color del grafito varía de gris a negro, puede ser opaco o tener un brillo metálico.
- Es una forma de carbono cristalina bastante blanda con una dureza de Mohs de 1 a 2.
- Es estable y químicamente inerte a temperaturas normales.
- En ausencia de aire, tiene un punto de sublimación muy alto.
- En su forma pura, es inodoro, insípido y no tóxico.

- Tiene una microestructura plana hexagonal de múltiples capas que le da una serie de características únicas, la suma de las cuales no se encuentra en ningún otro material individual.
- Las capas son alternas y de estructura de panal, y están espaciadas a 1,42 angstroms (enlaces fuertes), con 3.354 angstroms entre capas (enlaces débiles).

2.2.8.3. Estructura

Esta estructura única proporciona características específicas como inercia química, conductividad eléctrica, lubricidad y conductividad térmica.

Los grafitos, incluida la forma de polvo de grafito, también poseen propiedades primarias y secundarias que los hacen valiosos en muchas aplicaciones.

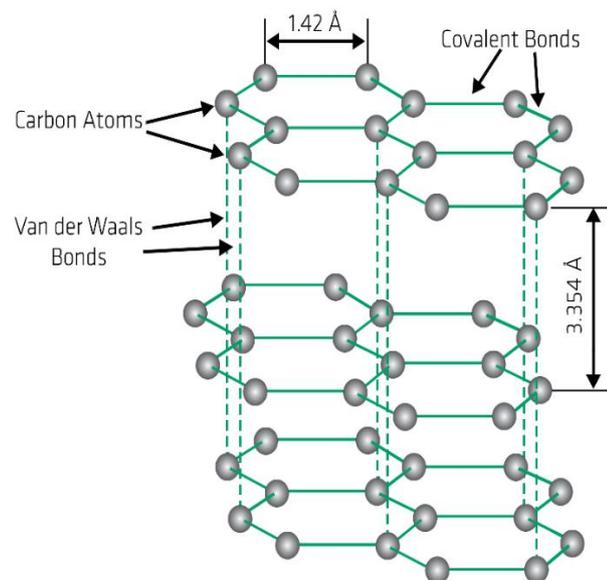


Figura 5. Estructura del grafito
Fuente: Novoselov et al., 2004; Berry, 2013

2.2.8.4. Propiedades físicas

Al combinar la capacidad estructural del concreto con las propiedades de materiales como la fibra de acero y el grafito —excelentes conductores térmicos y eléctricos— el concreto mismo gana la

capacidad de permitir que una corriente eléctrica lo atravesara, lo que no sucede con el concreto convencional, que es prácticamente aislante eléctrico. El paso de la corriente eléctrica a través del hormigón promueve un aumento en la temperatura compuesta.

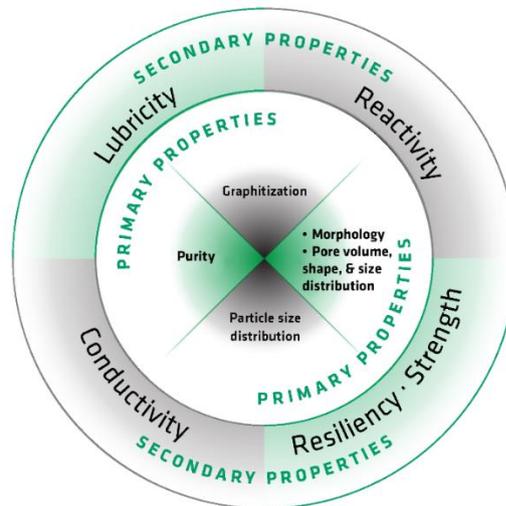


Figura 6. Propiedades físicas
Fuente: Novoselov et al., 2004; Berry, 2013

Existen investigaciones que demuestran que el polvo de grafito posee las siguientes propiedades: absorción de agua, densidad aparente, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión. Los resultados de estas investigaciones revelan que, dado que la partícula de nanografito y el súper plastificante se agregan a morteros que contienen 35% de MP y 65% de cemento Portland puro, estos morteros muestran avances relativamente importantes en la ganancia de resistencia, así como en la absorción y densidad del agua (Serkan Kirgiz, 2016).

Las partículas de nanografito y el súper plastificante aumentan la resistencia a la flexión en más del 28% y la resistencia a la compresión en el mortero de mármol en polvo y cemento más del 22% en comparación con el mortero de cemento Portland puro. Los resultados muestran que el cemento que contiene el polvo de mármol molido necesita la partícula de nanografito y el súper plastificante para combinar el polvo de mármol y el cemento adecuadamente en el mortero. El uso de partículas de nanografito es favorable para el polvo de mármol y cemento, en

vista de la absorción de agua, la densidad aparente, la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión.

2.3. Definición de conceptos básicos

a) Trabajabilidad

Consiste en la cantidad de trabajo necesario para la producción de una compactación completa, es decir, la cantidad de energía necesaria para superar la fricción mientras se compacta el concreto. La cantidad de agua presente en el concreto debe estar en la proporción adecuada. Generalmente, se requiere una relación agua-cemento más alta para una buena trabajabilidad.

b) Estabilidad

Las tendencias de sangrado y segregación del concreto se determinan a través de un método directo de medición basado en flotación sobre tetracloruro de carbono. Un análisis de estabilidad riguroso implica la predicción de la ruta de equilibrio de las estructuras, al igual que la determinación de sus cargas críticas y modos de inestabilidad.

c) Compactibilidad

Es el proceso que expulsa el aire atrapado del concreto recién colocado y empuja las partículas de agregado para aumentar la densidad del concreto. Aumenta significativamente la resistencia final del hormigón y mejora la unión con refuerzo.

d) Movilidad

Es la propiedad del concreto fresco para fluir hacia el encofrado alrededor del refuerzo de acero sin que ocurra segregación o sangrado. Es la capacidad del hormigón para ser moldeado.

e) Segregación

Es la partición de materiales del curso (cemento, arena, agregados) de otra masa. Cuando se aumenta la cantidad de agua en la mezcla de concreto, los agregados de mayor tamaño se separan, lo que resulta en la segregación. El concreto debe estar libre de segregación, ya que no solo se debilita, sino que la falta de consistencia acarrea propiedades no deseadas en el estado endurecido. La segregación se puede aminorar realizando una adecuada clasificación granulométrica.

f) Exudación

Es un material líquido o viscoso similar al gel, que se descarga a través de un poro, grieta o abertura en la superficie del concreto. La presencia de exudación es una fuerte indicación de que el ASR (reacción de sílice alcalina) ha causado grietas.

g) Contracción

El suelo expansivo se expande cuando absorbe agua, y se contrae a medida que la pierde. Este proceso puede dejar huecos que podrían reducir la capacidad del suelo para soportar una carga estructural. Cuando los cimientos están soportados por pilares que dependen de la fricción para soportar sus cargas estructurales, la contracción del suelo puede causar una pérdida de fricción, lo que reducirá la capacidad de los cimientos para soportar la estructura y permitirá el asentamiento de los cimientos.

h) Resistencia

Es influida por las propiedades térmicas y físicas del elemento estructural. Los factores que afectan el rendimiento térmico son el tipo de agregado en el concreto, la humedad libre en el hormigón —tanto absorbido como capilar— y de volumen de concreto por metro cuadrado de área expuesta. Los factores que afectan el rendimiento estructural son el nivel de tensión en el concreto y el acero, la cubierta sobre las barras de refuerzo, la tendencia del agregado y la humedad libre a causar desprendimiento, y las condiciones de restricción lateral.

i) Módulo de elasticidad

Es la relación entre la tensión normal y la tensión normal por debajo del límite proporcional de un material. El módulo de elasticidad del hormigón varía según las mezclas. El hormigón falla bajo las tensiones de tracción. En las tensiones bajas, la elasticidad del concreto es constante; mientras que, en las tensiones altas, el agrietamiento comienza a desarrollarse.

j) Módulo de elasticidad = tensión unitaria / tensión unitaria

Con la prueba de resistencia a la compresión en la muestra de hormigón (cilindro de 15 cm de diámetro y 30 cm de longitud con un volumen de cubo de 15 cm), el módulo de elasticidad del hormigón se calcula con la ayuda de un gráfico de esfuerzo y deformación.

k) Extensibilidad

Hace referencia a la propiedad que tiene el concreto de deformarse sin llegar a presentar fisuras o grietas.

l) Consistencia

Está directamente relacionada con la cantidad de agua empleada en la mezcla.

m) Durabilidad

Es la capacidad del concreto para resistir la acción de la intemperie, el ataque químico y la abrasión mientras mantiene sus propiedades de ingeniería deseadas. Diferentes hormigones requieren diferentes grados de durabilidad en función del entorno de exposición y de las propiedades deseadas.

n) Impermeabilidad

Se determina al cumplir con los requisitos para limitar la permeabilidad al agua a través del concreto, las juntas, las piezas de instalación y las grietas.

El hormigón impermeable se utiliza en construcciones duraderas. Para mejorar la impermeabilidad del concreto, se puede agregar aditivos resistentes al agua. Sin embargo, el diseño y la construcción de una estructura de concreto a prueba de agua es un enfoque de sistema, y el concreto a prueba de agua es solo uno de sus elementos.

o) Curado

Juega un papel importante en el desarrollo de la resistencia y la durabilidad del concreto. Se lleva a cabo inmediatamente después de la colocación y el acabado del hormigón, e implica el mantenimiento de las condiciones de humedad y temperatura deseadas —tanto en profundidad como cerca de la superficie— durante largos períodos de tiempo.

2.4. Hipótesis

a) Hipótesis general

El uso del polvo de grafito mejora las propiedades mecánicas del concreto de $f'c$ 210 kg/cm².

b) Hipótesis específicas

- El uso del polvo de grafito mejora la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm².
- El uso del polvo de grafito mejora la resistencia a la flexión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm².

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación fue cuantitativo, debido a que se buscó relacionar los datos con la intención de probar la hipótesis mediante medición numérica y herramientas estadísticas.

3.1.2. Tipo de la investigación

Esta investigación se basó en un diseño aplicado, ya que la meta consistió en explicar cómo se comporta una variable en función de otra, a partir de pruebas que determinaron cómo mejora la resistencia del concreto con el uso del polvo de grafito.

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel contemplado en la presente investigación fue de alcance descriptivo, explicativo y comparativo, dado que se describieron las variables en su estado natural, luego se expusieron las comparaciones entre las mismas.

3.1.4. Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación fue experimental, ya que, para poder obtener resultados, se realizaron ensayos mecánicos en laboratorio.

3.2. Población y muestra

a) Población

La población de la presente investigación estuvo conformada por un concreto patrón, al cual se agregó 2 %, 2.5 % y 3 % de polvo de grafito con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas.

b) Muestra

La muestra de la presente investigación consistió en la cantidad de probetas cilíndricas de concreto.

3.3. Definición de variables

- **Variable independiente (X):** Polvo de grafito
- **Variable dependiente (Y):** Propiedades mecánicas del concreto

3.4. Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Escala de medida
Variable independiente (X): Polvo de grafito	Dosificación de polvo de grafito en el diseño.	2 % 2.5 % 3 %	Realización de ensayos mecánicos.
Variable dependiente (Y): Propiedades mecánicas del concreto	Métodos de ensayos mecánicos	Resistencia a la flexión Resistencia a la compresión	

Elaborado por: los autores

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Técnicas:** Realización de ensayos mecánicos de un concreto f_c 210 kg cm^2 .
- **Instrumentos:** Uso del laboratorio de materiales

3.6. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos

a) Técnicas

Se emplearon dos técnicas: el análisis de las propiedades físico–mecánicas del agregado grueso y del agregado fino y el diseño de mezcla. Posteriormente de realizar los ensayos requeridos en el laboratorio, se obtuvieron datos en bruto que fueron elaborados en gabinete, para así poder lograr hallar la dosificación adecuada de polvo de grafito que se aplicará en el concreto $F'c$ 210/kg/cm² como aditivo nanotecnológico.

b) Instrumentos

Los instrumentos fueron aquellos recursos empleados para la recolección de información en forma directa o *in situ*. Para ello, se realizaron pruebas en laboratorio que permitieron analizar la información recolectada mediante los cuestionarios, *check list* y hojas de cálculo (Excel).

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Análisis granulométrico de los agregados

Los agregados finos y los agregados gruesos según la norma ASTM C- 33 y NTP 400.037 deberán cumplir con las gradaciones establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.



Figura 7. Tamices de granulometría
Elaborado por: los autores

4.2. Análisis granulométrico de los agregados gruesos

Este subcapítulo está compuesto por los resultados obtenidos en el laboratorio, para conseguirlos fue necesario realizar 4 ensayos diferentes, como: el peso suelto y compactado, la gravedad específica y la absorción, el contenido de humedad y el análisis granulométrico. Los citados ensayos arrojaron información valiosa que se muestra a continuación en tablas y cuadros, seguidos de la interpretación correspondiente de cada uno de ellos. Ver Anexos 2, 4, 5 y 6, donde se puede hallar la certificación de cada uno de los ensayos e información adicional sobre los mismos.



Figura 8. Análisis granulométrico de los agregados gruesos
Elaborado por: los autores

Tabla 4
Análisis granulométrico de los agregados gruesos

AGREGADO GRUESO ASTM C33							
Malla	Peso Rte. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"	
4"	101.60 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
3 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
3"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
2"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"	19.05 mm	81.10	3.12	3.12	96.88	100.00	
1/2"	12.70 mm	1166.50	44.81	47.93	52.07	79.00	
3/8"	9.53 mm	661.00	25.39	73.32	26.68	55.00	
#4	4.75 mm	649.80	24.96	98.29	1.71	10.00	
#8	2.36 mm	34.30	1.32	99.60	0.40	5.00	
#16	1.18 mm	0.00	0.00	99.60	0.40	0.00	
#30	0.59 mm	0.00	0.00	99.60	0.40	0.00	
#50	0.30 mm	0.00	0.00	99.60	0.40	0.00	
#100	0.15 mm	0.00	0.00	99.60	0.40	0.00	
#200	0.07 mm	0.00	0.00	99.60	0.40	0.00	
Fondo	0.01 mm	10.30	0.40	100.00	0.00	0.00	

Elaborado por: los autores

a) Interpretación de la Tabla 4

se observa el proceso de tamizaje por el cual pasaron los agregados gruesos para determinar sus propiedades físicas y sus límites.

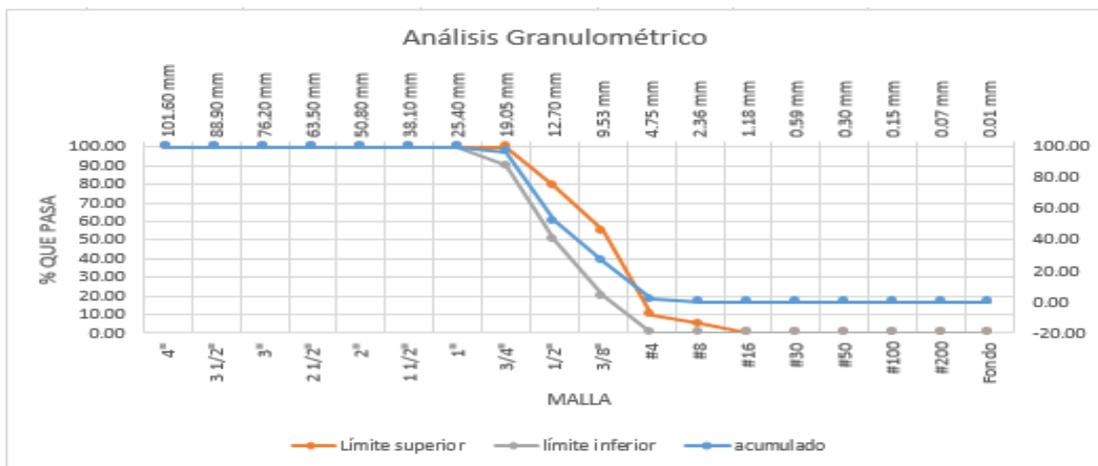


Figura 9. Curva de análisis granulométrico de agregados gruesos

Elaborado por: los autores

b) Interpretación de la Figura 9

se observa la curva granulométrica de los porcentajes pasantes de los agregados gruesos, que pertenecen al HUSO #56, cuyo tamaño máximo nominal para el agregado se encontró en los límites de dicho HUSO.

4.3. Análisis granulométrico de los agregados finos

Este subcapítulo está compuesto por los resultados obtenidos en el laboratorio después de realizar 4 ensayos diferentes: el peso suelto y compactado, la gravedad específica y la absorción, el contenido de humedad y el análisis granulométrico. Los citados ensayos arrojaron información valiosa que se muestra a continuación en tablas y cuadros, seguidos de la interpretación correspondiente de cada uno de ellos. Ver Anexos 2, 3, 5 y 6, donde se puede hallar la certificación de cada uno de los ensayos e información adicional sobre los mismos.



Figura 10. Análisis granulométrico de los agregados finos
Elaborado por: los autores

Tabla 5
Análisis granulométrico de agregados finos

AGREGADO FINO ASTM C33							
Malla		Peso Rte. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
#4	4.75 mm	3.90	0.69	0.69	99.31	100.00	95.00
#8	2.36 mm	60.70	10.81	11.50	88.50	100.00	80.00
#16	1.18 mm	127.90	22.77	34.27	65.73	85.00	50.00
#30	0.59 mm	141.00	25.10	59.37	40.63	60.00	25.00
#50	0.30 mm	99.50	17.71	77.09	22.91	30.00	5.00
#100	0.15 mm	60.10	10.70	87.79	12.21	10.00	0.00
#200	0.07 mm	0.00	0.00	87.79	12.21	0.00	0.00
Fondo	0.01 mm	68.60	12.21	100.00	0.00	0.00	0.00

Elaborado por: los autores

a) Interpretación de la Tabla 5

Se observa que todo el proceso de tamizado por el cual pasaron los agregados finos para determinar sus propiedades físicas y sus límites.

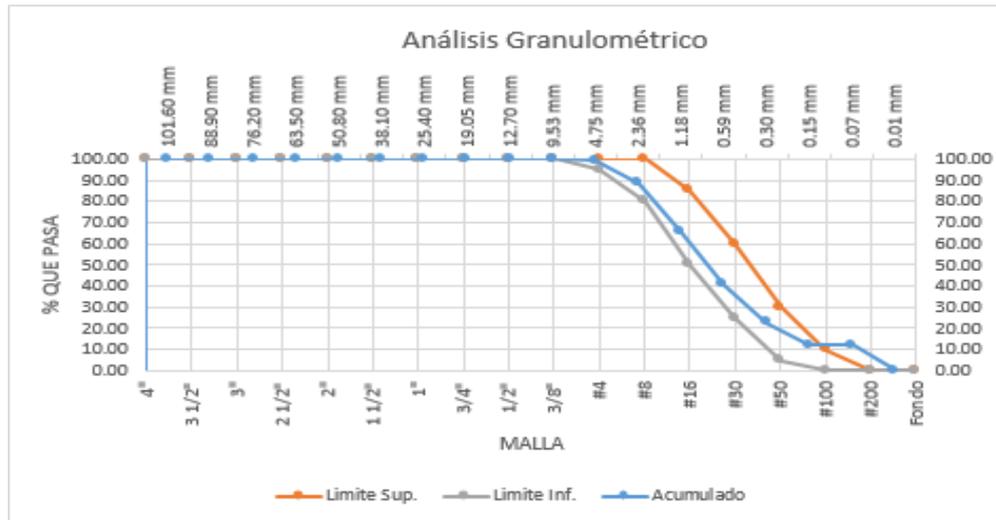


Figura 11. Curva de análisis granulométrico de agregados finos
 Elaborado por: los autores

b) Interpretación de la figura 11

Se observa que la curva granulométrica. Los porcentajes de los agregados finos pasantes estuvieron dentro de los límites superior e inferior.

4.4. Resumen de características físicas de los agregados

Las siguientes tablas muestran las características y los resultados del agregado fino y el agregado grueso en laboratorio, estas tablas están seguidas de la interpretación pertinente.

Tabla 6
Características físicas de los agregados gruesos

AGREGADO GRUESO	
P. Específico de masa seca (gr/cm ³)	2.690
P. Específico de masa SSS (gr/cm ³)	2.710
P. Específico de masa aparente (gr/cm ³)	2.745
P. Unitario compactado (Kg/cm ³)	15.10
P. Unitario suelto (Kg/cm ³)	13.79
Humedad de absorción (%)	0.70
Tamaño máximo	FONDO
Tamaño máximo nominal	1/2"
Módulo de fineza	7.22

Elaborado por: los autores

a) Interpretación de la Tabla 6

Se observa que se realizaron ensayos previos con el fin de determinar el peso específico del agregado grueso.

Tabla 7
Características físicas de los agregados finos

AGREGADO FINO	
P. Específico de masa seca (gr/cm ³)	2.601
P. Específico de masa SSS (gr/cm ³)	2.66
P. Específico de masa aparente (gr/cm ³)	2.764
P. Unitario compactado (Kg/cm ³)	1772
P. Unitario suelto (Kg/cm ³)	1537
Humedad de absorción (%)	2.30
Tamaño máximo	-
Tamaño máximo nominal	-
Módulo de fineza	2.71

Elaborado por: los autores

b) Interpretación de la Tabla 7

Se realizaron ensayos previos con el fin de determinar el peso específico del agregado fino.

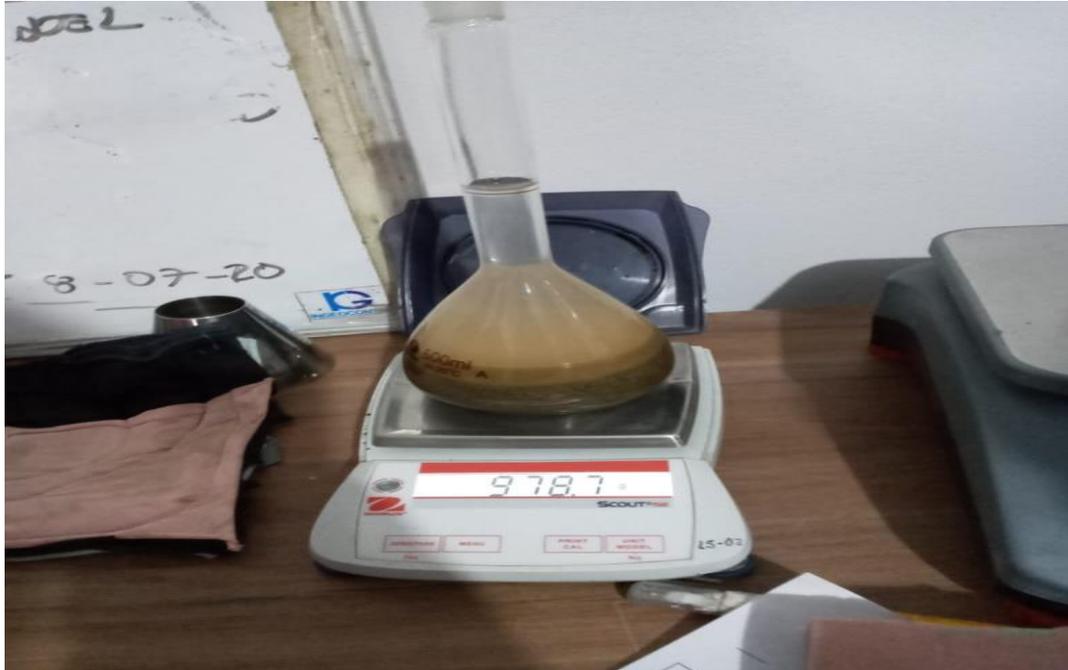


Figura 12. Peso específico con fiola del agregado grueso
Elaborado por: los autores



Figura 13. Gravedad específica del agregado grueso
Elaborado por: los autores

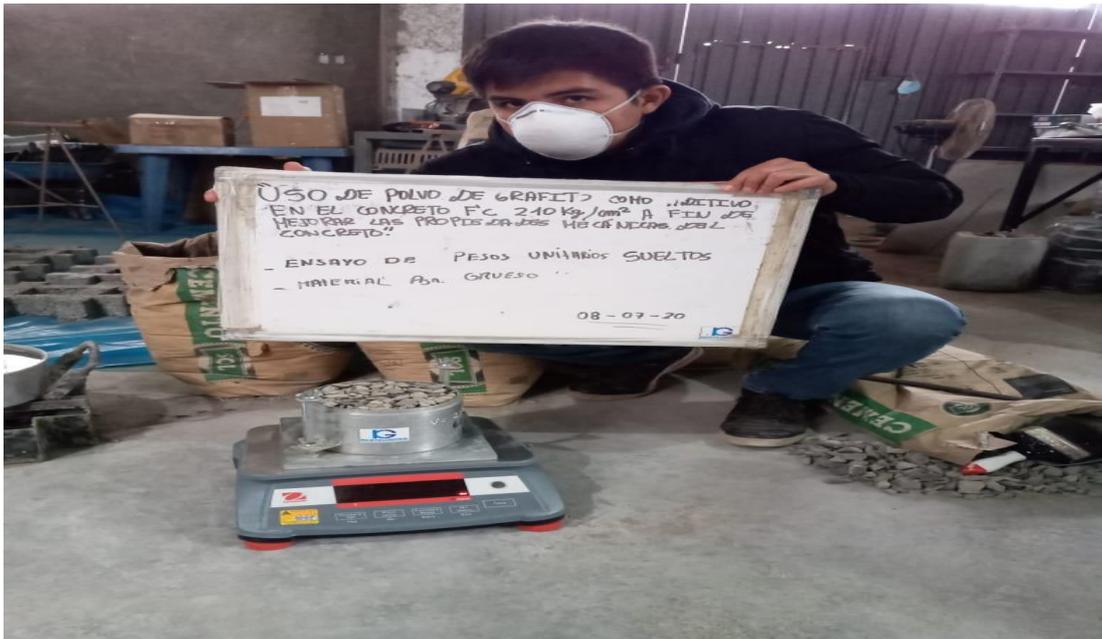


Figura 14. Peso unitario suelto del agregado grueso
Elaborado por: los autores

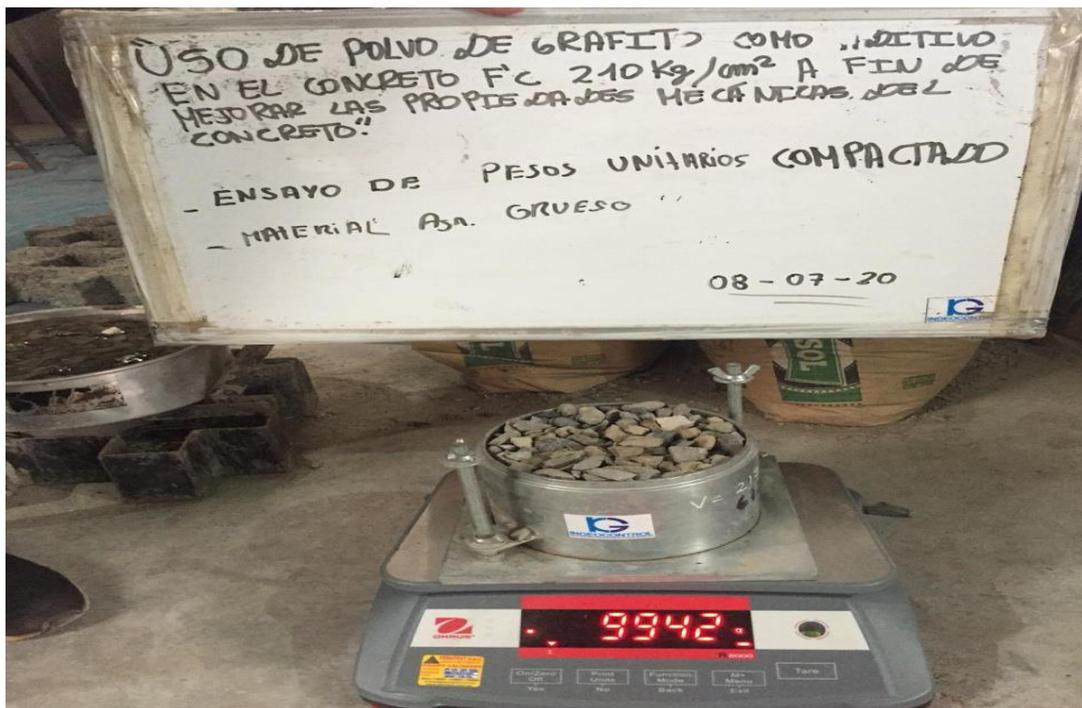


Figura 15. Peso unitario compactado del agregado grueso
Elaborado por: los autores

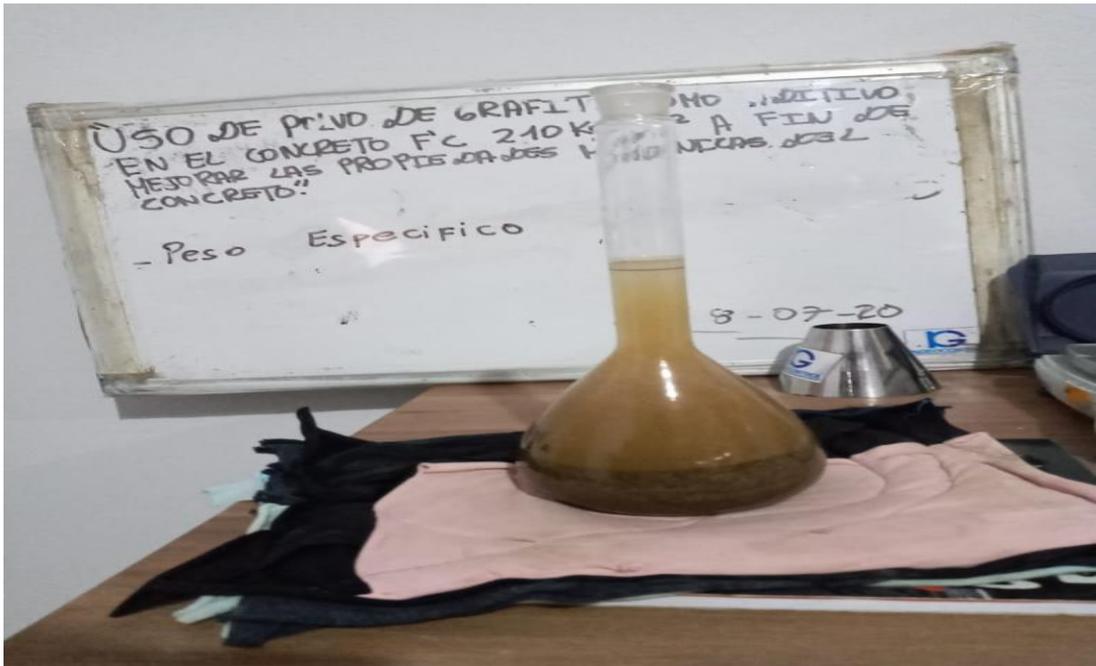


Figura 16. Peso específico con fiola del agregado fino
Elaborado por: los autores



Figura 17. Gravedad específica del agregado fino
Elaborado por: los autores

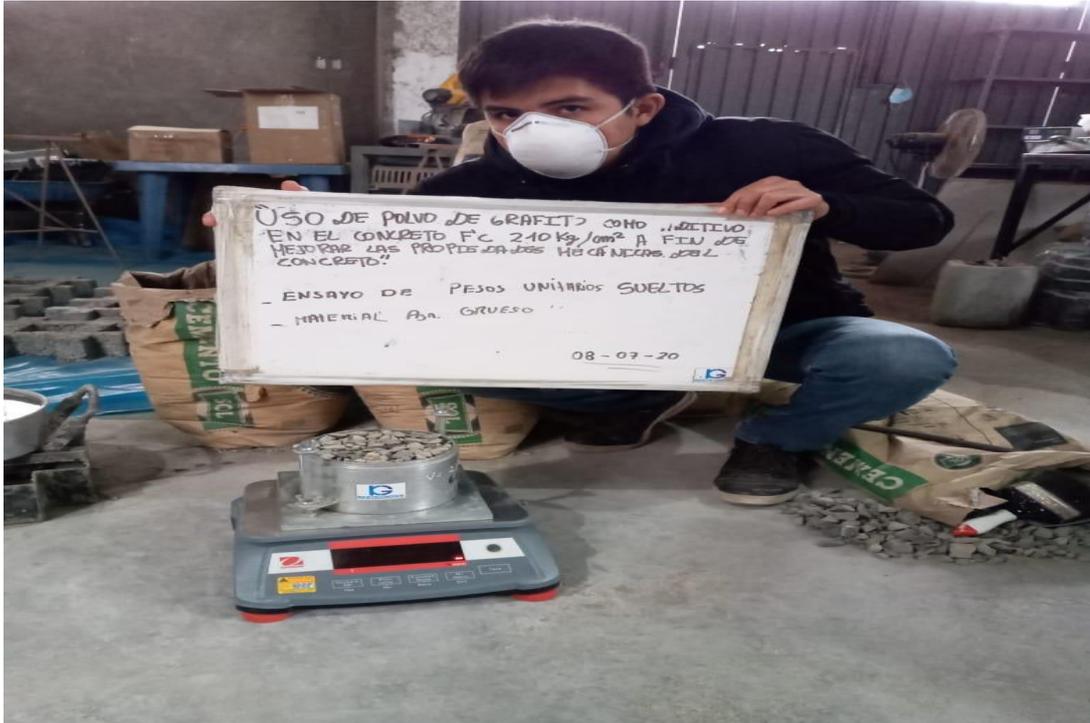


Figura 18. Peso unitario suelto del agregado fino
Elaborado por: los autores

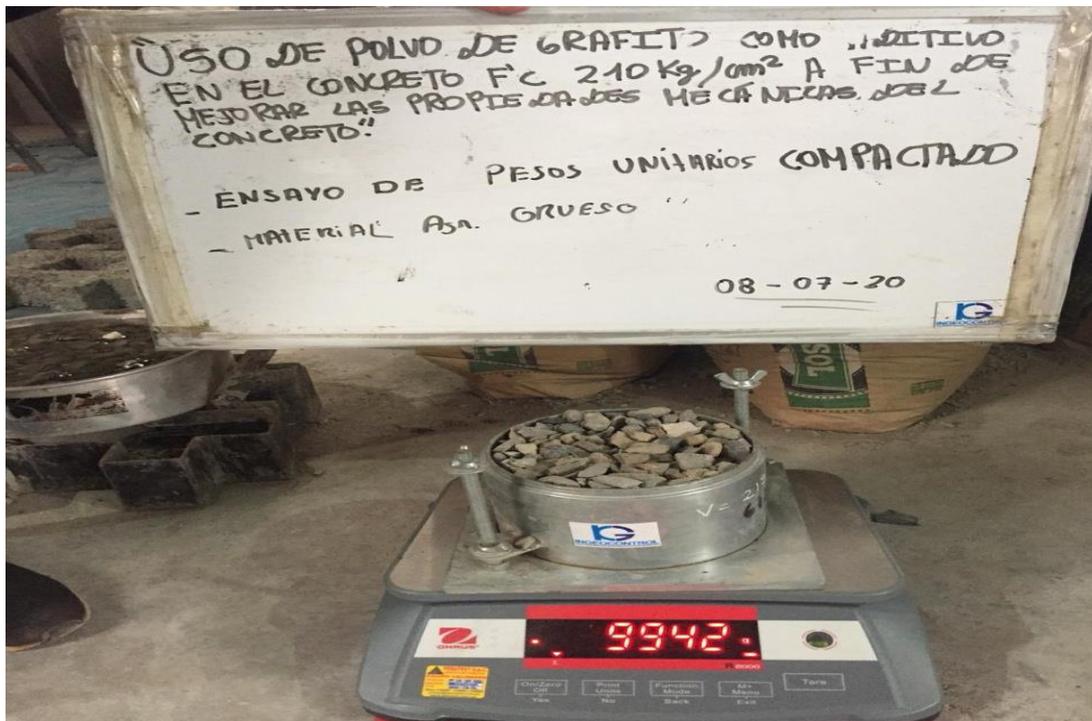


Figura 19. Peso unitario compactado del agregado fino
Elaborado por: los autores



Figura 20. Agregado fino
Elaborado por: los autores



Figura 21. Agregado fino y agregado grueso
Elaborado por: los autores

4.5. Diseño de mezcla 1 (patrón)



Figura 22. Diseño de mezcla
Elaborado por: los autores

Tabla 8
Diseño de mezcla patrón

MATERIALES		Por 1 m³	por tanda de 0.041 m³	
Cemento Sol tipo I	400.00 kg	9.41 bols	16.40 kg	0.39 bols
Agua	228.00 ℓ	228.00 ℓ	9.268 ℓ	9.268 ℓ
Agregado grueso	821.00 kg	0.30 m ³	33.714 kg	0.014 m³
Agregado fino	839.00 kg	0.32 m ³	35.454 kg	0.016 m³

Elaborado por: los autores

a) Interpretación de la tabla 8

Se observa que el diseño de mezcla 1 (mezcla patrón) a la que no se agregó ningún aditivo. Este diseño fue realizado para 1 m³ y una tanda de 0.041 m³, lo cual sirvió para corregir dosificaciones de agua para cuando se empleó el aditivo y para rectificar si la tanda hubiese sido insuficiente para una prueba de cono de Abrams.

4.6. Diseño de mezcla 2 (polvo de grafito 2%)



Figura 23. Polvo de grafito
Elaborado por: los autores

Tabla 9
Diseño de mezcla con 2 % de polvo de grafito

MATERIALES	Por 1 m³		por tanda de 0.055 m³	
Cemento Sol tipo I	400.00 kg	9.41 bols	22.00 kg	0.52 bols
Agua	228.00 ℓ	228.00 ℓ	12.434 ℓ	12.434 ℓ
Agregado grueso	816.00 kg	0.30 m ³	44.96 kg	0.02 m³
Agregado fino	834.00 kg	0.31 m ³	47.281 kg	0.02 m³
Polvo de grafito	8.00 kg	0.0036 g	440 g	0.20 bols

Elaborado por: los autores

b) Interpretación de la Tabla 9

Se observa que el diseño de mezcla 2 (incorporación de 2% de polvo de grafito respecto a los agregados). Este diseño fue realizado para 1 m³ y para una tanda de 0.055 m³, a la que se aumentó 3.16 ℓ de agua, respecto a la dosificación del diseño de mezcla 1 con 0% de polvo de grafito.

4.7. Diseño de mezcla 3 (polvo de grafito 2.5%)



Figura 24. Polvo de grafito
Elaborado por: los autores

Tabla 10
Diseño de mezcla con 2.5 % de polvo de grafito

MATERIALES	Por 1 m³		por tanda de 0.051 m³	
Cemento Sol tipo I	400.00 kg	9.41 bols	20.40 kg	0.48 bols
Agua	228.00 ℓ	228.00 ℓ	11.53 ℓ	11.53 ℓ
Agregado grueso	815.00 kg	0.30 m ³	41.628 kg	0.02 m³
Agregado fino	833.00 kg	0.31 m ³	43.778 kg	0.02 m³
Polvo de grafito	10.00 kg	0.0045 bols	510 g	0.23 bols

Elaborado por: los autores

a) Interpretación de la Tabla 10

Se observa que el diseño de mezcla 3 (incorporación de 2.5% de polvo de grafito respecto a los agregados). Este diseño fue realizado para 1 m³ y para una tanda de 0.051 m³, a la que se disminuyó 0.904 ℓ de agua, respecto a la dosificación del diseño de mezcla 3 con 2.5 % de polvo de grafito.

4.8. Diseño de mezcla 4 (polvo de grafito 3%)



Figura 25. Polvo de grafito
Elaborado por: los autores

Tabla 11
Diseño de mezcla con 3% de polvo de grafito

MATERIALES	Por 1 m ³		por tanda de 0.051 m ³	
Cemento Sol tipo I	400.00 kg	9.41 bols	20.40 kg	0.48 bols
Agua	228.00 ℓ	228.00 ℓ	11.53 ℓ	11.53 ℓ
Agregado grueso	813.00 kg	0.30 m ³	41.567 kg	0.02 m³
Agregado fino	832.00 kg	0.31 m ³	43.713 kg	0.02 m³
Polvo de grafito	12.00 kg	0.01 bols	612 g	0.28 bols

Elaborado por: los autores

b) Interpretación de la Tabla 11

Se observa que el diseño de mezcla 4 (incorporación de 3% de polvo de grafito respecto a los agregados). Este diseño fue realizado para 1 m³ y

para una tanda de 0.051 m³, a la que no se aumentó ni disminuyó la dosificación de agua, respecto a la dosificación del diseño de mezcla 4 con 3% de polvo de grafito

4.9. Slump



Figura 26. Slump
Elaborado por: los autores

Tabla 12
Slump según el diseño de mezcla

TIPO DE DISEÑO DE MEZCLA	DESCRIPCIÓN	SLUM (pulg)
DISEÑO 1 (patrón)	0%	8"
DISEÑO 2 (polvo de grafito)	2%	5"
DISEÑO 3 (polvo de grafito)	2.5%	4 1/2"
DISEÑO 4 (polvo de grafito)	3%	3 1/2"

Elaborado por: los autores

a) Interpretación de la Tabla 12

Se observa que a medida que se aumentó el porcentaje en la incorporación de polvo de grafito, el asentamiento (*Slump*) disminuyó variadamente. El rango permitido para el concreto patrón es de 6" a 8", por lo que se encontró dentro del rango permitido.

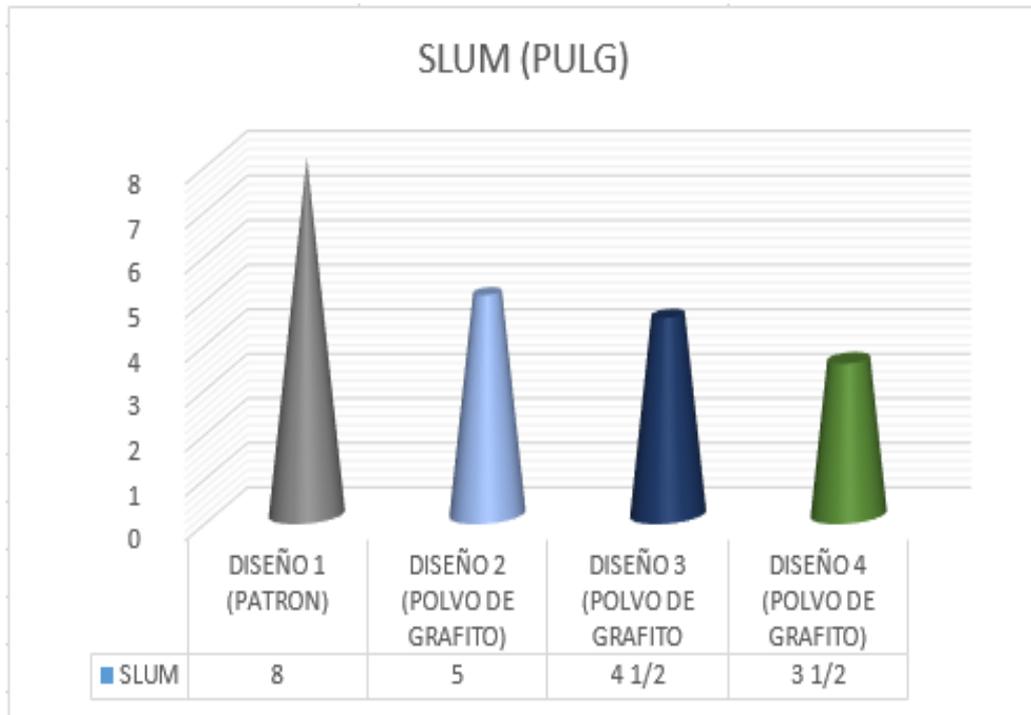


Figura 27. Slump según el diseño de mezcla
Elaborado por: los autores

b) Interpretación de la Figura 24

Se observa que, en los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 (incorporación de 0%, 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito, respectivamente), el asentamiento fue disminuyendo a medida que se incorporó más polvo de grafito.

4.10. Resistencia a la compresión



Figura 28. Ensayo de resistencia a la compresión
Elaborado por: los autores

4.11. Ensayo de resistencia a la compresión

Tabla 13

Datos de probetas patrón – polvo de grafito (7 días)

PROBETA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA/DIAMETRO	DÍAMETRO (cm)	ALTURA (cm)
P-1 patrón	14/07/2020	21/07/2020	7 días	1.98	15.22	30.13
P-2 patrón	14/07/2020	21/07/2020	7 días	1.98	15.24	30.10
P-1 polvo de grafito 2%	14/07/2020	21/07/2020	7 días	1.98	15.24	30.20
P-2 polvo de grafito 2%	14/07/2020	21/07/2020	7 días	1.98	15.23	30.11
P-1 polvo de grafito 2.5%	14/07/2020	21/07/2020	7 días	1.97	15.26	30.12
P-2 polvo de grafito 2.5%	14/07/2020	21/07/2020	7 días	1.97	15.25	30.11
P-1 polvo de grafito 3%	14/07/2020	21/07/2020	7 días	1.98	15.24	30.20
P-2 polvo de grafito 3%	14/07/2020	21/07/2020	7 días	1.98	15.23	30.13

Elaborado por: los autores

a) Interpretación de la Tabla 13

se observa que se preparó 2 probetas por la incorporación de cada aditivo para los ensayos a compresión. Además, se percata la edad de curado (7 días), de igual forma las alturas y diámetros que tuvieron, las probetas con 0% de adición de polvo de grafito (patrón) y con incorporaciones del 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito.

Tabla 14

Resistencia promedio a compresión patrón / polvo de grafito (7 días)

EDAD 7 DÍAS					ESFUERZO PROMEDIO ESFUERZO PROMEDIO			
PROBETA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE ADITIVO	ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)	ESFUERZO AXIAL (kg/cm ²)	ESFUERZO AXIAL (kg/cm ²)	COMPRESIÓN AXIAL (%)	COMPRESIÓN AXIAL (%)
P-1	Patrón	0%	176.715	5301.45	205.00		73.20	
P-2	Patrón	0%	176.715	5301.45	197.00	201.00	70.20	71.70
P-1	Con polvo de grafito	2%	176.715	5301.45	200.00		71.50	
P-2	Con polvo de grafito	2%	176.715	5301.45	206.00	203.00	73.50	72.50
P-1	Con polvo de grafito	2.5%	176.715	5301.45	203.00		72.60	
P-2	Con polvo de grafito	2.5%	176.715	5301.45	207.00	205.00	74.00	73.30
P-1	Con polvo de grafito	3%	176.715	5301.45	214.00		76.30	

P-2	Con polvo de grafito	3%	176.715	5301.45	208.00	211.00	74.10	75.20
-----	----------------------	----	---------	---------	--------	--------	-------	-------

Elaborado por: los autores

b) Interpretación de la Tabla 14

Se observa que los esfuerzos a compresión axial a los que llegaron las probetas P-1 y P-2 de los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 (patrón, con 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito, respectivamente) con 7 días de curado, a partir de los cuales se obtuvo un esfuerzo a compresión promedio axial de 201.00 kg/cm² en la mezcla 1 (patrón), 203.00 kg/cm² en la mezcla 2 (2% polvo de grafito), 205.00 kg/cm² en la mezcla 3 (2.5% polvo de grafito) y 211 kg/cm² en la mezcla 4 (3% polvo de grafito), con un promedio, respectivamente, de 71.70%, 72.50%, 73.30% y 75.20 con respecto a una resistencia de $f'_c=210$ kg/cm².

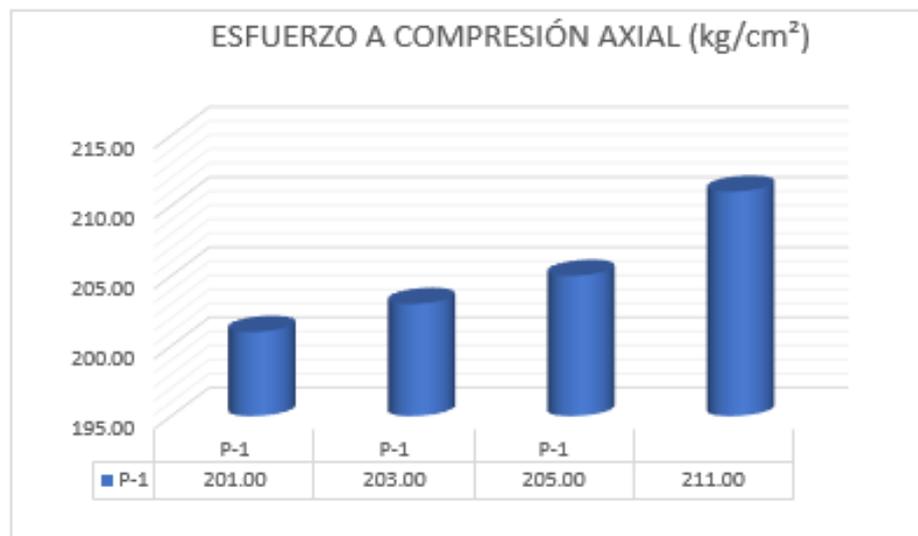


Figura 29. Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'_c=210$ kg/cm², patrón/polvo de grafito(7días)
Elaborado por: los autores

c) Interpretación de la Figura 29

Se observa que, a los 7 días de curado, a medida se incrementó la incorporación de polvo de grafito, la resistencia a compresión fue aumentando, y alcanzó una resistencia promedio de 201.00 kg/cm², 203.00 kg/cm², 205.00 kg/cm², 211.00 kg/cm² en los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 con respecto a una resistencia a compresión axial de $f'_c=210$ kg/cm².

Tabla 15
 Datos de probetas patrón- polvo de grafito (14 días)

PROBETA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA/DIAMETRO	DÍAMETRO (cm)	ALTURA (cm)
P-1 patrón	14/07/2020	28/07/2020	14 días	2.03	14.80	30
P-2 patrón	14/07/2020	28/07/2020	14 días	2.00	14.97	30
P-1 polvo de grafito 2%	14/07/2020	28/07/2020	14 días	2.01	14.94	30
P-2 polvo de grafito 2%	14/07/2020	28/07/2020	14 días	2.00	15.00	30
P-1 polvo de grafito 2.5%	14/07/2020	28/07/2020	14 días	2.00	15.02	30
P-2 polvo de grafito 2.5%	14/07/2020	28/07/2020	14 días	2.00	14.97	30
P-1 polvo de grafito 3%	14/07/2020	28/07/2020	14 días	1.99	15.05	30
P-1 polvo de grafito 3%	14/07/2020	28/07/2020	14 días	2.00	15.01	30

Elaborado por: los autores

d) Interpretación de la Tabla 15

Se observa que la cantidad de probetas por cada incorporación de polvo de grafito para los ensayos a compresión. Además de ello, se percata la edad de curado (14 días), de igual forma las alturas y diámetros que tuvieron, las probetas con 0 % de adición de polvo de grafito (patrón) y con incorporaciones del 2 %, 2.5% y 3 % de polvo de grafito.

Tabla 16
 Resistencia promedio a compresión patrón - polvo de grafito (14 días)

EDAD		14 DÍAS						
PROBETA	DESCRIPCIÓN	CANT. MAT	ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)	ESFUERZO A COMPRESIÓN AXIAL (kg/cm ²)	PROMEDIO ESFUERZO A COMPRESIÓN AXIAL (kg/cm ²)	PROMEDIO ESFUERZO A COMPRESIÓN AXIAL (%)	PROMEDIO ESFUERZO A COMPRESIÓN AXIAL (%)
P-1	patrón	0%	176.715	5301.45	255.00		91.10	
P-2	patrón	0%	176.715	5301.45	259.00	257.00	92.50	91.80
P-1	con polvo de grafito	2%	176.715	5301.45	262.00		93.40	
P-2	con polvo de grafito	2%	176.715	5301.45	260.00	261.00	92.90	93.15
P-1	con polvo de grafito	2.5%	176.715	5301.45	267.00		95.40	
P-2	con polvo de grafito	2.5%	176.715	5301.45	264.00	265.50	94.20	94.80

P-1	con polvo de grafito	3%	176.715	5301.45	276.00		98.40
P-2	con polvo de grafito	3%	176.715	5301.45	272.00	274.00	97.00 97.70

Elaborado por: los autores

e) Interpretación de la Tabla 16

Se observa que los esfuerzos a compresión axial a los que llegaron las probetas P-1 y P-2 de los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 (patrón, con 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito, respectivamente) con 14 días de curado, a partir de los cuales se obtuvo un esfuerzo a compresión promedio axial de 257.00 kg/cm² en la mezcla 1 (patrón), 261.00 kg/cm² en la mezcla 2 (2% polvo de grafito), 265.50 kg/cm² en la mezcla 3 (2.5% polvo de grafito) y 274 kg/cm² en la mezcla 4 (3% polvo de grafito), con un promedio, respectivamente, de 91.80%, 93.15%, 94.80% y 97.70% con respecto a una resistencia de $f'c=210$ kg/cm².

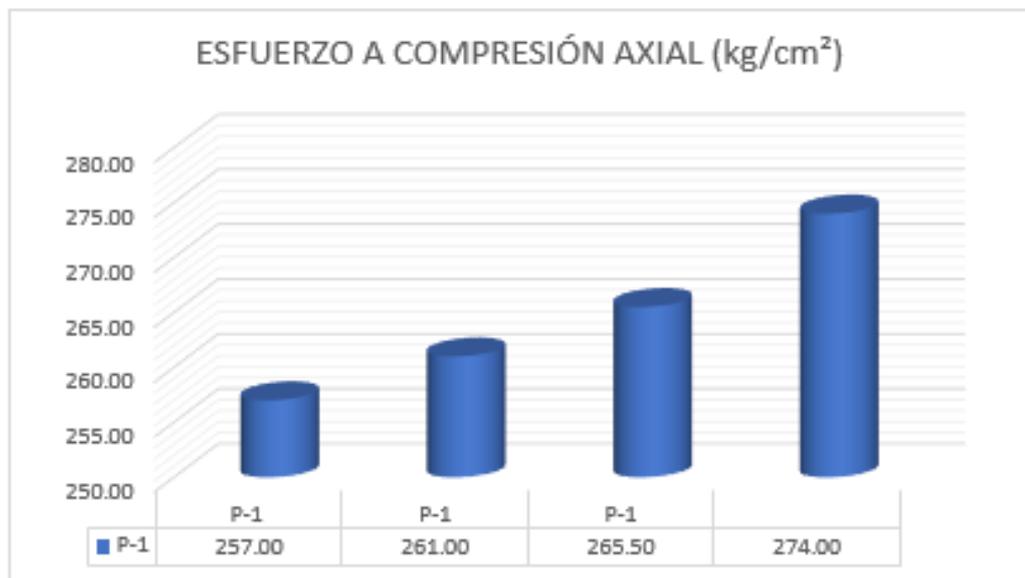


Figura 30. Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'c=210$ kg/cm², patrón/polvo de grafito (14días)
Elaborado por: los autores

f) Interpretación de la Figura 30

Se observa que, a los 14 días de curado, a medida se incrementó la incorporación de polvo de grafito, la resistencia a compresión fue aumentando hasta alcanzar una resistencia promedio de 257.00 kg/cm², 261.00 kg/cm², 265.50 kg/cm² y 274.00 kg/cm² de en los diseños de mezcla, 1, 2, 3 y 4 con respecto a una resistencia a compresión axial de $f'_c=210$ kg/cm².

Tabla 17
Datos de probetas patrón- polvo de grafito (28 días)

PROBETA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA/DIAMETRO	DÍAMETRO (cm)	ALTURA (cm)
P-1 patrón	14/07/2020	11/08/2020	28 días	2.00	15.01	30.00
P-2 patrón	14/07/2020	11/08/2020	28 días	2.00	15.00	30.00
P-1 polvo de grafito 2%	14/07/2020	11/08/2020	28 días	2.00	15.00	30.00
P-2 polvo de grafito 2%	14/07/2020	11/08/2020	28 días	2.00	15.02	30.00
P-1 polvo de grafito 2.5%	14/07/2020	11/08/2020	28 días	2.00	15.02	30.00
P-2 polvo de grafito 2.5%	14/07/2020	11/08/2020	28 días	2.00	15.01	30.00
P-1 polvo de grafito 3%	14/07/2020	11/08/2020	28 días	2.00	15.04	30.00
P-1 polvo de grafito 3%	14/07/2020	11/08/2020	28 días	2.00	15.04	30.00

Elaborado por: los autores

g) Interpretación de la Tabla 17

Se observa que la cantidad de probetas por cada incorporación de polvo de grafito para los ensayos a compresión. Además de ello, se percata la edad de curado (28 días), de igual forma las alturas y diámetros que tuvieron, las probetas con 0% de adición de polvo de grafito (patrón) y con incorporaciones del 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito.

Tabla 18

Resistencia promedio a compresión patrón - polvo de grafito (28 días)

EDAD		28 DÍAS				ESFUERZO PROMEDIO	ESFUERZO PROMEDIO	ESFUERZO PROMEDIO
PROBETA	DESCRIPCIÓN	CANT. MAT	ÁREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)	COMPRESIÓN AXIAL (kg/cm ²)	COMPRESIÓN AXIAL (%)	COMPRESIÓN AXIAL (%)	COMPRESIÓN AXIAL (%)
P-1	patrón	0%	176.715	5301.45	292.00		104.20	
P2	patrón	0%	176.715	5301.45	288.00	290.00	102.90	103.55
P-1	con polvo de grafito	2%	176.715	5301.45	294.00		105.00	
P2	con polvo de grafito	2%	176.715	5301.45	292.00	293.00	104.30	104.65
P-1	con polvo de grafito	2.5%	176.715	5301.45	296.00		105.70	
P2	con polvo de grafito	2.5%	176.715	5301.45	299.00	297.50	106.60	106.15
P-1	con polvo de grafito	3%	176.715	5301.45	300.00		107.00	
P2	con polvo de grafito	3%	176.715	5301.45	304.00	302.00	108.70	107.85

Elaborado por: los autores

h) Interpretación de la Tabla 18

Se observa que los esfuerzos a compresión axial a los que llegaron las probetas P-1 y P-2 de los diseños de mezcla 1,2,3 y 4 (patrón, con 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito, respectivamente) con 28 días de curado, a partir de los cuales se obtuvo un esfuerzo a compresión promedio axial de 290.00 kg/cm² en la mezcla 1 (patrón), 293.00 kg/cm² en la mezcla 2 (2% polvo de grafito), 297.50 kg/cm² en la mezcla 3 (2.5% polvo de grafito) y 302.00 kg/cm² en la mezcla 4 (3% polvo de grafito), con un promedio, respectivamente, de 103.55 %, 104.65%, 106.15% y 107.85% con respecto a una resistencia de f'c=210 kg/cm².

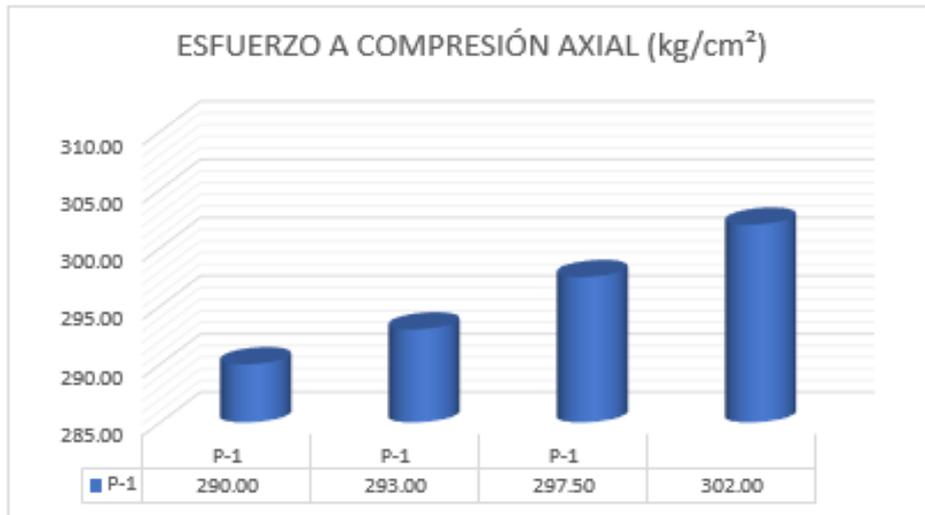


Figura 31. Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'_c=210$ kg/cm², patrón/polvo de grafito (28 días)
Elaborado por: los autores

i) Interpretación de la Figura 31

Se observa que, a los 28 días de curado, a medida que se fue incrementando la incorporación de polvo de grafito, la resistencia a compresión aumentó, y alcanzó una resistencia promedio de 290.00 kg/cm², 293.00 kg/cm², 297.50 kg/cm² y 302.00 kg/cm² en los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 con respecto a una resistencia a compresión axial de $f'_c=210$ kg/cm².

4.12. Comparación de patrón con polvo de grafito (7, 14 y 28 días)

Tabla 19

Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'_c=210$ kg/cm³ patrón (7,14,28 días)

PROBETA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A COMPRESIÓN AXIAL (kg/cm ²)
P1-P2	PATRÓN	7 DÍAS	201.00
P1-P2	PATRÓN	14 DÍAS	257.00
P1-P2	PATRÓN	28 DÍAS	290.00

Elaborado por: los autores

Tabla 20

Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'c=210$ kg/cm² polvo de grafito 2% (7,14,28 días)

PROBETA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A COMPRESIÓN AXIAL (kg/cm²)
P1-P2	con polvo de grafito 2%	7 DÍAS	203.00
P1-P2	con polvo de grafito 2%	14 DÍAS	261.00
P1-P2	con polvo de grafito 2%	28 DÍAS	293.00

Elaborado por: los autores

Tabla 21

Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'c=210$ kg/cm² polvo de grafito 2.5% (7,14,28 días)

PROBETA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A COMPRESIÓN AXIAL (kg/cm²)
P1-P2	con polvo de grafito 2.5%	7 DÍAS	205.00
P1-P2	con polvo de grafito 2.5%	14 DÍAS	265.50
P1-P2	con polvo de grafito 2.5%	28 DÍAS	297.50

Elaborado por: los autores

Tabla 22

Resumen de resistencias promedios a compresión para un concreto $f'c=210$ kg/cm² polvo de grafito 3% (7,14,28 días)

PROBETA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A COMPRESIÓN AXIAL (kg/cm²)
P1-P2	con polvo de grafito 3%	7 DÍAS	211.00
P1-P2	con polvo de grafito 3%	14 DÍAS	274.00
P1-P2	con polvo de grafito 3%	28 DÍAS	302.00

Elaborado por: los autores

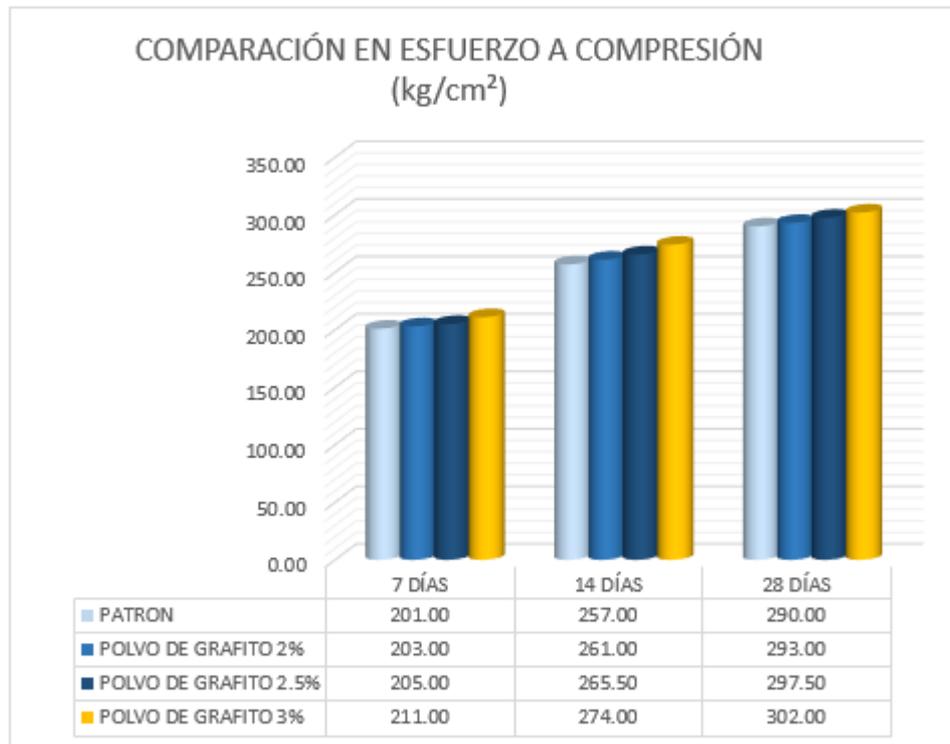


Figura 32. Comparación de resistencias promedio a compresión de muestras patrón / polvo de grafito (7,14 y 28 días de edad)
Elaborado por: los autores

a) Interpretación de la Figura 32

Se observa que fue mejorando la resistencia a la compresión a medida que se incorporó el polvo de grafito (7 días, 14 días y 28 días de curado). Alcanzó una óptima resistencia a la compresión axial y llegó a pasar el 100% de un $f'c=210 \text{ kg/cm}^3$. Se obtuvo como resultado, 290.00 kg/cm^2 en la mezcla 1 (patrón), 293.00 kg/cm^2 en la mezcla 2 (2% polvo de grafito), 297.50 kg/cm^2 en la mezcla 3 (2.5 % polvo de grafito) y 302.00 kg/cm^2 en la mezcla 4 (3 % polvo de grafito), así se llegó a un 103.55%, 104.65%, 106.15 % y 107.85 % en los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 con respecto a la resistencia a compresión a la que fue diseñada.

4.13. Resistencia a la flexión



Figura 33. Ensayo de Resistencia a la flexión
Elaborado por: los autores

Tabla 23
Datos de vigas patrón – polvo de grafito

VIGAS	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	LUZ LIBRE
V-1 PATRÓN	14/07/2020	21/07/2020	7 DÍAS	45.00
V-2 PATRÓN	14/07/2020	21/07/2020	7 DÍAS	45.00
V-1 CON POLVO DE GRAFITO 2%	14/07/2020	21/07/2020	7 DÍAS	45.00
V-2 CON POLVO DE GRAFITO 2%	14/07/2020	21/07/2020	7 DÍAS	45.00
V-1 CON POLVO DE GRAFITO 2.5%	14/07/2020	21/07/2020	7 DÍAS	45.00
V-2 CON POLVO DE GRAFITO 2.5%	14/07/2020	21/07/2020	7 DÍAS	45.00
V-1 CON POLVO DE GRAFITO 3%	14/07/2020	21/07/2020	7 DÍAS	45.00
V-2 CON POLVO DE GRAFITO 3%	14/07/2020	21/07/2020	7 DÍAS	45.00

Elaborado por: los autores

a) Interpretación de la Tabla 23

Se observa que la cantidad de probetas por cada incorporación de polvo de grafito para los ensayos a flexión. Además de ello, se percata la edad de curado (7 días), de igual forma la luz libre que tuvieron, las probetas con 0 % de adición de polvo de grafito (patrón) y con incorporaciones del 2 %, 2.5 % y 3 % de polvo de grafito.

Tabla 24
Promedio de esfuerzo a flexión

VIGAS	DESCRIPCIÓN	CANT. ADITIVO	UBICACIÓN DE LA FALLA	ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1	PATRON	0	TERCIO CENTRAL	39.00	
V-2	PATRON	0	TERCIO CENTRAL	40.00	39.50
V-1	CON POLVO DE GRAFITO	2%	TERCIO CENTRAL	40.00	
V-2	CON POLVO DE GRAFITO	2%	TERCIO CENTRAL	42.00	41.00
V-1	CON POLVO DE GRAFITO	2.5%	TERCIO CENTRAL	42.00	
V-2	CON POLVO DE GRAFITO	2.5%	TERCIO CENTRAL	42.00	42.00
V-1	CON POLVO DE GRAFITO	3%	TERCIO CENTRAL	43.00	
V-2	CON POLVO DE GRAFITO	3%	TERCIO CENTRAL	42.00	42.50

Elaborado por: los autores

b) Interpretación de la Tabla 24

Se observa que los esfuerzos a flexión a los que llegaron las vigas V-1 y V-2 de los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 (patrón, con 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito, respectivamente) con 7 días de curado, a partir de los cuales se obtuvo 39.50 kg/cm² en la mezcla 1 (patrón), 41.00 kg/cm² en la mezcla 2 (2.5% de polvo de grafito), 42.00 kg/cm² en la mezcla 3 (2.5% de polvo de grafito) y 42.50 kg/cm² en la mezcla 4 (3% de polvo de grafito).

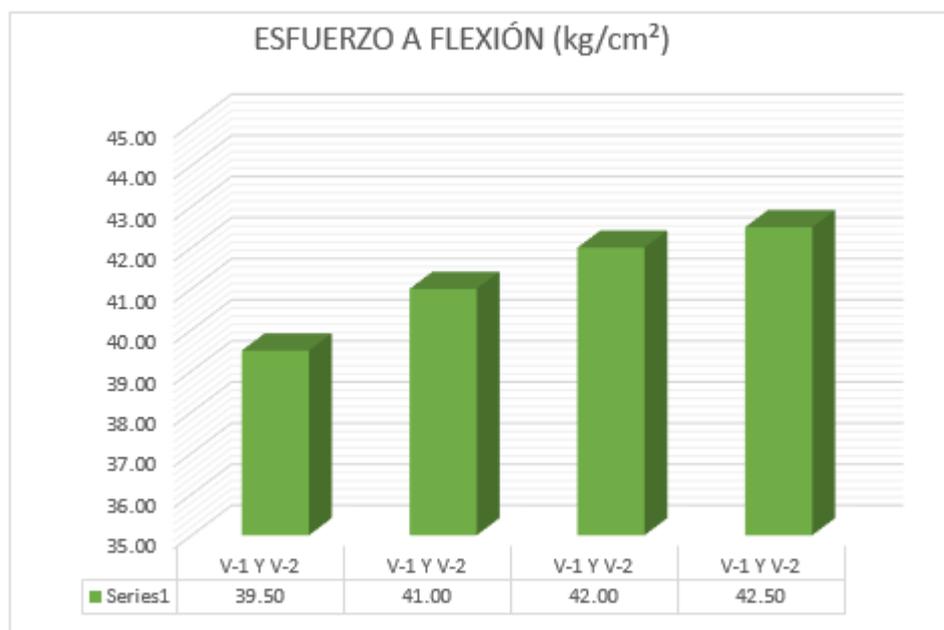


Figura 34. Promedio de Esfuerzo a flexión en barras (7 días)
Elaborado por: los autores

c) Interpretación de la Figura 34

Se observa que fue mejorando la resistencia a flexión a medida que se incrementó la incorporación de polvo de grafito. A los 7 días de curado, se llegó a una óptima resistencia a la flexión.

Tabla 25.

Datos de vigas patrón – polvo de grafito

VIGAS	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	LUZ LIBRE
V-1 PATRÓN	14/07/2020	28/07/2020	14 DÍAS	45.00
V-2 PATRÓN	14/07/2020	28/07/2020	14 DÍAS	45.00
V-1 POLVO DE GRAFITO 2%	14/07/2020	28/07/2020	14 DÍAS	45.00
V-2 POLVO DE GRAFITO 2%	14/07/2020	28/07/2020	14 DÍAS	45.00
V-1 POLVO DE GRAFITO 2.5%	14/07/2020	28/07/2020	14 DÍAS	45.00
V-2 POLVO DE GRAFITO 2.5%	14/07/2020	28/07/2020	14 DÍAS	45.00
V-1 POLVO DE GRAFITO 3%	14/07/2020	28/07/2020	14 DÍAS	45.00
V-2 POLVO DE GRAFITO 3%	14/07/2020	28/07/2020	14 DÍAS	45.00

Elaborado por: los autores

d) Interpretación de la Tabla 25

Se observa que la cantidad de probetas por cada incorporación de polvo de grafito para los ensayos a flexión. Además de ello, se percata la edad de curado (14 días), de igual forma la luz libre que tuvieron, las probetas con 0 % de adición de polvo de grafito (patrón) y con incorporaciones del 2 %, 2.5 % y 3 % de polvo de grafito.

Tabla 26
Promedio de esfuerzo a flexión

VIGAS	DESCRIPCIÓN	CANT. ADITIVO	UBICACIÓN DE LA FALLA	ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1	PATRON	0	TERCIO CENTRAL	40.00	
V-2	PATRON	0	TERCIO CENTRAL	42.00	41.00
V-1	CON POLVO DE GRAFITO	2%	TERCIO CENTRAL	42.00	
V-2	CON POLVO DE GRAFITO	2%	TERCIO CENTRAL	43.00	42.50
V-1	CON POLVO DE GRAFITO	2.5%	TERCIO CENTRAL	43.00	
V-2	CON POLVO DE GRAFITO	2.5%	TERCIO CENTRAL	43.00	45.50
V-1	CON POLVO DE GRAFITO	3%	TERCIO CENTRAL	48.00	
V-2	CON POLVO DE GRAFITO	3%	TERCIO CENTRAL	45.00	46.50

Elaborado por: los autores

e) Interpretación de la Tabla 26

Se observa que los esfuerzos a flexión a los que llegaron las vigas V-1 y V-2 de los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 (patrón, con 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito, respectivamente) con 7 días de curado, a partir de los cuales se obtuvo 41.00 kg/cm² en la mezcla 1 (patrón), 42.50 kg/cm² en la mezcla 2 (2.5% de polvo de grafito), 45.50 kg/cm² en la mezcla 3 (2.5% de polvo de grafito) y 46.50 kg/cm² en la mezcla 4 (3% de polvo de grafito).

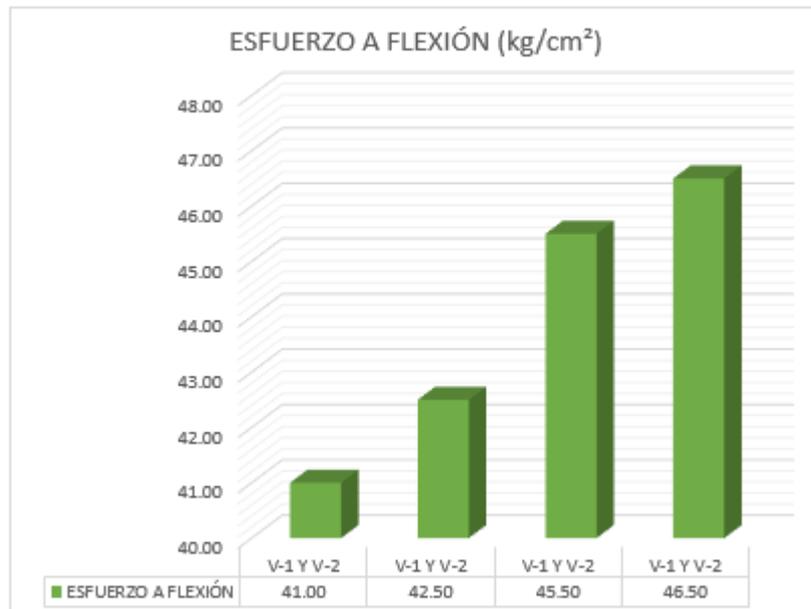


Figura 35. Promedio de esfuerzo a flexión en barras (14 días)
Elaborado por: los autores

f) Interpretación de la Figura 35

Se observa que fue mejorando la resistencia a flexión a medida que se incrementó la incorporación de polvo de grafito. A los 14 días de curado, se llegó a una óptima resistencia a la flexión.

Tabla 27
Datos de vigas patrón – polvo de grafito

VIGAS	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD	LUZ LIBRE
V-1 PATRÓN	14/07/2020	11/08/2020	28 DÍAS	45.00
V-2 PATRÓN	14/07/2020	11/08/2020	28 DÍAS	45.00
V-1 POLVO DE GRAFITO 2%	14/07/2020	11/08/2020	28 DÍAS	45.00
V-2 POLVO DE GRAFITO 2%	14/07/2020	11/08/2020	28 DÍAS	45.00
V-1 POLVO DE GRAFITO 2.5%	14/07/2020	11/08/2020	28 DÍAS	45.00
V-2 POLVO DE GRAFITO 2.5%	14/07/2020	11/08/2020	28 DÍAS	45.00
V-1 POLVO DE GRAFITO 3%	14/07/2020	11/08/2020	28 DÍAS	45.00
V-2 POLVO DE GRAFITO 3%	14/07/2020	11/08/2020	28 DÍAS	45.00

Elaborado por: los autores

g) Interpretación de la Tabla 27

Se observa que la cantidad de probetas por cada incorporación de polvo de grafito para los ensayos a flexión. Además de ello, se percata la edad de curado (28 días), de igual forma la luz libre que tuvieron, las probetas con 0 % de adición de polvo de grafito (patrón) y con incorporaciones del 2 %, 2.5 % y 3 % de polvo de grafito.

Tabla 28.
Promedio de esfuerzo a flexión

VIGAS	DESCRIPCIÓN	CANT. ADITIVO	UBICACIÓN DE LA FALLA	ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1	PATRON	0	TERCIO CENTRAL	44.00	
V-2	PATRON	0	TERCIO CENTRAL	42.00	43.00
V-1	CON POLVO DE GRAFITO	2%	TERCIO CENTRAL	45.00	
V-2	CON POLVO DE GRAFITO	2%	TERCIO CENTRAL	43.00	44.00
V-1	CON POLVO DE GRAFITO	2.5%	TERCIO CENTRAL	46.00	
V-2	CON POLVO DE GRAFITO	2.5%	TERCIO CENTRAL	46.00	46.00
V-1	CON POLVO DE GRAFITO	3%	TERCIO CENTRAL	52.00	
V-2	CON POLVO DE GRAFITO	3%	TERCIO CENTRAL	50.00	51.00

Elaborado por: los autores

h) Interpretación de la Tabla 28

Se observa que los esfuerzos a flexión a los que llegaron las vigas V-1 y V-2 de los diseños de mezcla 1, 2 ,3 y 4 (patrón, con 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito, respectivamente) con 7 días de curado, a partir de los cuales se obtuvo 43.00 kg/cm² en la mezcla 1 (patrón), 44.00 kg/cm² en la mezcla 2 (2.5% de polvo de grafito), 46.00 kg/cm² en la mezcla 3 (2.5% de polvo de grafito) y 51.00 kg/cm² en la mezcla 4 (3% de polvo de grafito).



Figura 36 .Promedio de esfuerzo a flexión en barras (28 días)
Elaborado por: los autores

i) Interpretación de la figura 36

Se observa que fue mejorando la resistencia a flexión a medida que se incrementó la incorporación de polvo de grafito. A los 28 días de curado, se llegó a una óptima resistencia a la flexión.

4.14. Comparación patrón y polvo de grafito

Tabla 29.
Promedio de esfuerzo a flexión (patrón)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	PATRON	7 DÍAS	39.50

Elaborado por: los autores

Tabla 30.
Promedio de esfuerzo a flexión (2% de polvo de grafito)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	CON polvo de grafito 2 %	7 DÍAS	41.00

Elaborado por: los autores

Tabla 31.

Promedio de esfuerzo a flexión (2.5% de polvo de grafito)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	CON polvo de grafito 2.5%	7 DÍAS	42.00

Elaborado por: los autores

Tabla 32.

Promedio de esfuerzo a flexión (3% de polvo de grafito)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	CON polvo de grafito 3%	7 DÍAS	42.50

Elaborado por: los autores

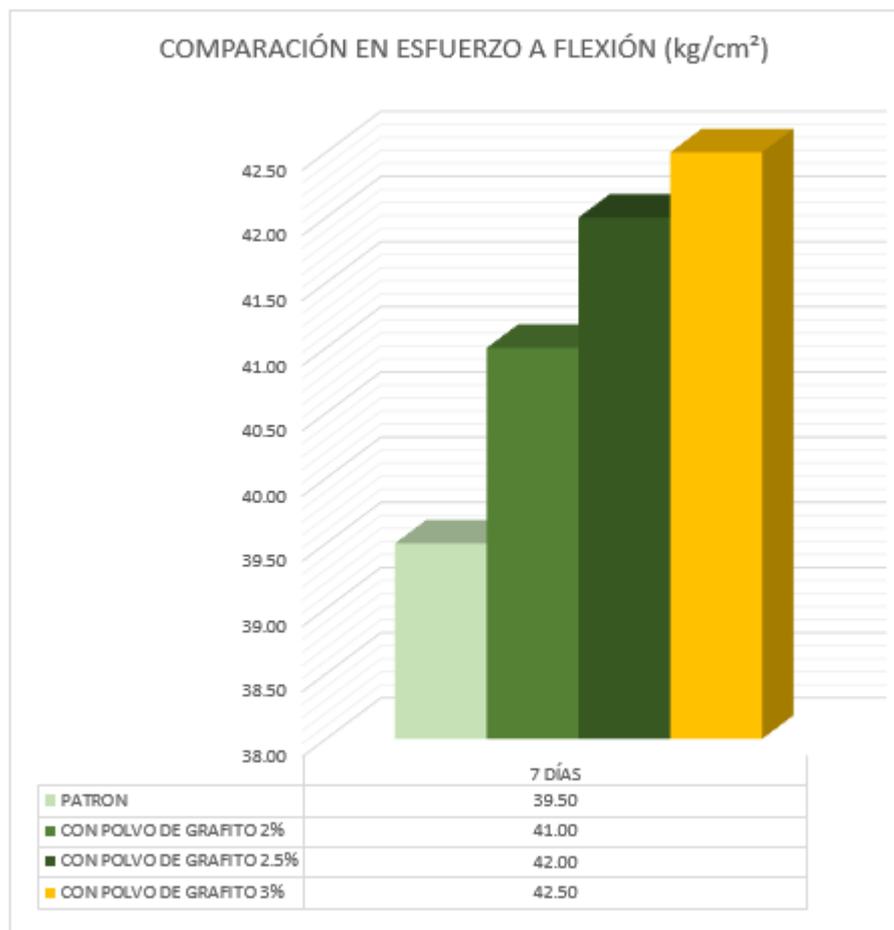


Figura 37. Promedio de esfuerzo a flexión en barras

Elaborado por: los autores

a) Interpretación de la Figura 37

Se observa que en el diseño de mezcla 4 (3% de polvo de grafito) alcanzó la mayor resistencia a la flexión.

Tabla 33

Promedio de esfuerzo a flexión (patrón)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	PATRON	14 DÍAS	41.00

Elaborado por: los autores

Tabla 34

Promedio de esfuerzo a flexión (2% de polvo de grafito)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	CON polvo de grafito 2 %	14 DÍAS	42.50

Elaborado por: los autores

Tabla 35

Promedio de esfuerzo a flexión (2.5% de polvo de grafito)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	CON polvo de grafito 2.5%	14 DÍAS	45.50

Elaborado por: los autores

Tabla 36

Promedio de esfuerzo a flexión (3% de polvo de grafito)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	CON polvo de grafito 3%	14 DÍAS	46.50

Elaborado por: los autores

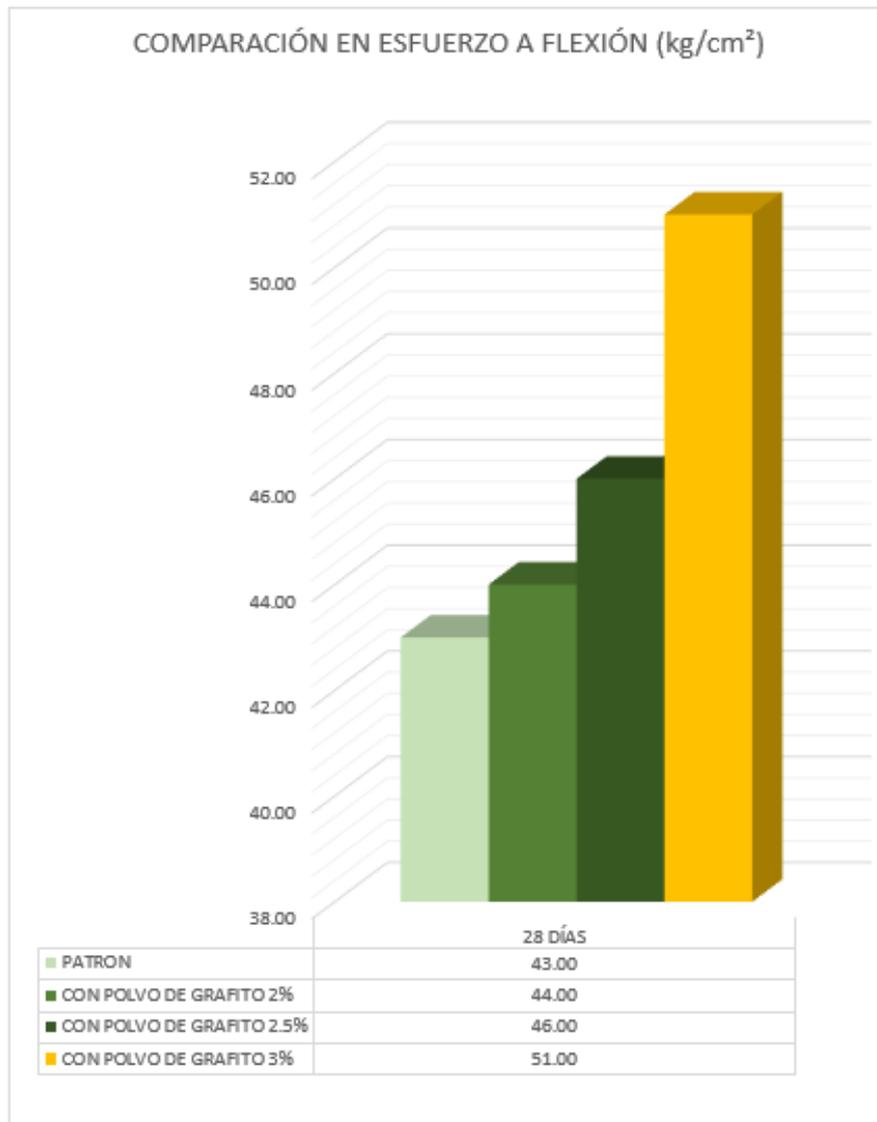


Figura 38. Promedio de esfuerzo a flexión en barras
Elaborado por: los autores

b) Interpretación de la Figura 38

Se observa que en el diseño de mezcla 4 (3% de polvo de grafito) alcanzó la mayor resistencia a la flexión.

Tabla 37
Promedio de esfuerzo a flexión (patrón)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	PATRON	28 DÍAS	43.00

Elaborado por: los autores

Tabla 38
Promedio de esfuerzo a flexión (2% de polvo de grafito)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	CON polvo de grafito 2 %	28 DÍAS	44.00

Elaborado por: los autores

Tabla 39

Promedio de esfuerzo a flexión (2.5% de polvo de grafito)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	CON polvo de grafito 2.5%	28 DÍAS	46.00

Elaborado por: los autores

Tabla 40

Promedio de esfuerzo a flexión (3% de polvo de grafito)

VIGA	DESCRIPCIÓN	EDAD	PROMEDIO ESFUERZO A FLEXIÓN (kg/cm ²)
V-1 Y V-2	CON polvo de grafito 3%	28 DÍAS	51.00

Elaborado por: los autores

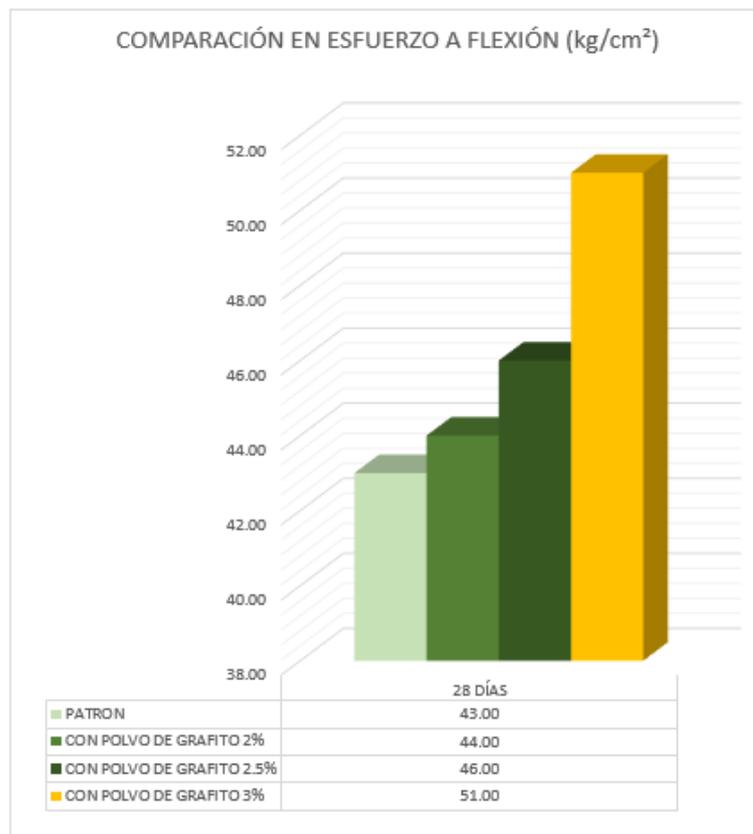


Figura 39. Promedio de esfuerzo a flexión en barras

Elaborado por: los autores

c) Interpretación de la Figura 39

Se observa que el diseño de mezcla 4 (3% de polvo de grafito) alcanzó la mayor resistencia a la flexión.

CAPÍTULO V RESULTADOS

Ccopa (2017), en su investigación ***Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto*** para obtener el título de ingeniero civil de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, adicionó grafeno al 0.5%, 1.0% y 1.5% al concreto convencional, y elaboró 15 probetas por cada diseño (patrón, con el 0.5% de grafeno, con el 1.0% de grafeno y con el 1.5% de grafeno) a los 7, 14 y 28 días de edad. Observó las influencias del grafeno añadido en la prueba del *Slump*. Los diseños sin grafeno, con el 0.5%, con el 1.0% y con el 1.5% de grafeno llegaron a un $f'c=215.20 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=243.80 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=247.80 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=248.80 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente, a partir de lo cual se determinó un incremento regular en la resistencia al someterlos a una carga axial.

Esto se observó también en la presente investigación, pues los diseños llegaron a un $f'c=290.00 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=293.00 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=297.50 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=302.00 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente, es decir, su incremento considerable influyó positivamente sobre el concreto.

Bartra (2019), en su tesis ***Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto $F'c$ 210 kg/cm^2*** , para obtener el título profesional de ingeniero civil de la Universidad Cesar Vallejo Filial de Tarapoto, realizó tres testigos por cada incorporación de porcentaje de grafeno del 1% , 1.5% y 2%. El asentamiento que se obtuvo para la incorporación con el 1% de grafeno fue de 4.4"; con el 1.5%, de 5";

con el 2% de grafeno, 5.5". Así, a medida que se le agregó el grafeno, el *Slump* aumentó.

En los ensayos de la presente tesis, en la tabla 12 se observa que los diseños 1, 2, 3 y 4 —que corresponden al patrón, 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito— disminuyeron a medida que se le adicionó el polvo de grafito. Se obtuvo para el 2% de polvo de grafito 5"; para el 2.5%, 4.5" y para el 3%, 3.5". Por lo que la presente investigación discrepa con los resultados del asentamiento de la tesis de Bartra.

Isidro (2017), en su tesis *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto* $F'c$ 210 kg/cm² para obtener el grado de ingeniero civil de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, realizó mezclas de concreto con 0.6 kg/m³, 1.2 kg/m³, 1.8 kg/m³ y 2.4 kg/m³ de fibras de polipropileno. Con respecto al 0.6 kg/m³ de fibras de polipropileno, alcanzó una resistencia a compresión promedio de 138.28 kg/cm² a los 7 días de curado, 193.92 kg/cm² a los 14 días de curado y 195.89 kg/cm² a los 28 días de curado. Con respecto al 1.2 kg/m³ de fibras de polipropileno incorporado obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 152.05 kg/cm² a los 7 días de curado, 195.59 kg/cm² a los 14 días de curado y 192.41 kg/cm² a los 28 días de curado. Con respecto al 1.8 kg/m³ de fibras de polipropileno alcanzó una resistencia a compresión promedio de 159.99 kg/cm² a los 7 días de curado, 181.31 kg/cm² a los 14 días de curado y 190.75 kg/cm² a los 28 días de curado. Con respecto al 2.4 kg/m³ de fibras de polipropileno incorporado, obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 164.36 kg/cm² a los 7 días de curado, 190.18 kg/cm² a los 14 días de curado y 205.53 kg/cm² a los 28 días de curado.

A los 7 días de curado, a medida que se incrementó la incorporación de fibras de polipropileno, la resistencia a compresión fue aumentando hasta alcanzar una resistencia promedio de 71.70%, 72.50%, 73.30% y 75.20%; a los 14 días de curado, 91.80%, 93.15%, 94.80% y 97.70% y a los 28 días de curado. 90.83%, 91.62%, 93.28% y 97.87% con la incorporación de 0.6 kg/m³, 1.2 kg/m³, 1.8 kg/m³ y 2.4 kg/m³ de fibras de polipropileno respectivamente.

Isidro en su tesis incorporo 0.6 kg/m³, 1.2 kg/m³, 1.8 kg/m³ y 2.4 kg/m³ fibras de polipropileno y obtuvo a los 7 días de curado un promedio de 71.70%, 72.50%, 73.30% y 75.20%; a los 14 días de curado, 91.80%, 93.15%, 94.80% y 97.70% y a los 28 días de curado 90.83%, 91.62%, 93.28% y 97.87%. En comparación con la incorporación de polvo de grafito, se obtuvo a los 7 días de curado, 72.50%, 73.30% y 75.20%; a los 14 días, 93.15%, 94.80% y 96.70% y a los 28 días, 104.65%, 106.15%, 107.85% agregando 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito.

Así, en comparación con la tesis de Isidro, se afirma que tanto las fibras de polipropileno como el polvo de grafito ayudan a mejorar las propiedades mecánicas del concreto, siendo el polvo de grafito el aditivo que mejores resultados le aporta al concreto.

Apaza y Quispe (2018), en su tesis *Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono* para obtener el título de ingeniero civil de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, aplicaron el 0.05%, 0.10% y 0.15% de nanotubos de carbono. Obtuvieron que, para una relación de agua cemento de 0.48, el módulo de rotura para los diseños patrón, 0.05% , 0.10% y 0.15% de nanotubos de carbono fue de Mr= 123.48 Mpa, Mr= 136.52 Mpa y Mr= 148.30 Mpa. Es decir, fue aumentando a medida que se le adicionó mayor cantidad de nanotubos de carbono.

En el caso de la presente investigación, el Mr de los diseños 2%, 2.5% y 3% fue Mr= 125.68 Mpa, Mr= 138.49 Mpa y Mr= 150.15 Mpa, es decir, se incrementó, por lo que se puede afirmar que, al agregar mayor cantidad de nanotubos de carbono y polvo de grafito, la resistencia a la flexión fue aumentando.

Munguía (2019), en su tesis *Análisis comparativo físico – mecánico entre fibras de acero y teraftalato de polietileno en la adición al concreto para el pavimento rígido de la Av. El Ejército -2019* para obtener el título de ingeniero civil de la Universidad Cesar Vallejo Filial Lima, adicionó PET al 3% y 5% y fibra de acero al 5% y 10% al concreto convencional. Elaboró 2 probetas

por cada diseño (patrón, con el 3% y 5% de PET, con el 5% y 10% de fibra de acero) a los 7, 14 y 28 días de edad. Obtuvo que, al adicionar el PET y las fibras de acero en la prueba del Slump, los dos diseños estuvieron dentro de lo que se analizó en su investigación. Con respecto a la resistencia a la compresión, los diseños sin PET, con el 3% de PET y con el 5% de PET llegaron a un $f'c=303.50 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=307.50 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=312.50 \text{ kg/cm}^2$. Los diseños sin fibra de acero, con el 5% de fibra de acero y con el 10% de fibra de acero, llegaron a un $f'c=259.50 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=268.00 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=274.00 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente; es decir, no hubo un incremento considerable en la resistencia sometidos a una carga axial.

En la presente investigación, los diseños llegaron a un $f'c=290.00 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=293.00 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=297.50 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=302 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente, por lo que se observó un aumento considerable que influyó positivamente sobre el concreto.

5.1. Contrastación de hipótesis

- **H0:** El uso del polvo de grafito mejora las propiedades mecánicas del concreto $f'c \text{ } 210 \text{ kg/cm}^2$.

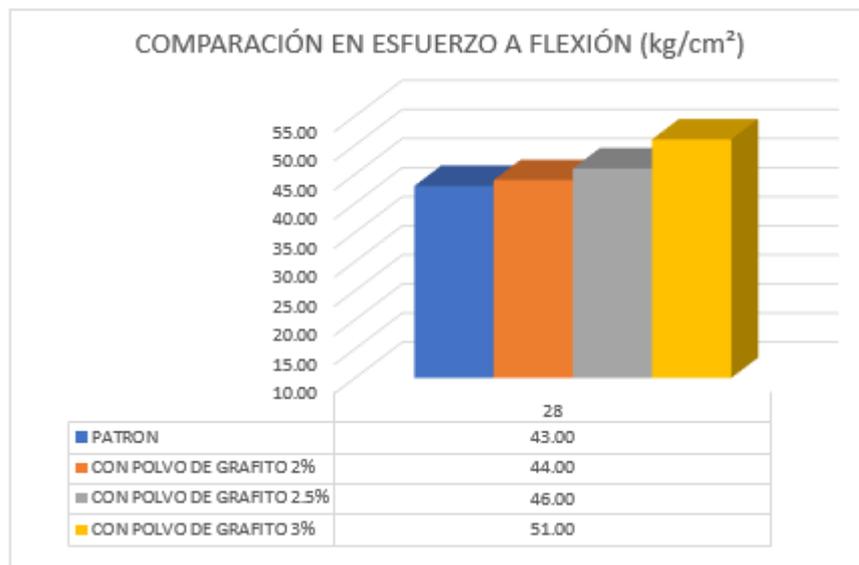


Figura 40. Comparación en esfuerzo a flexión (Kg/cm^2)
Elaborado por: los autores

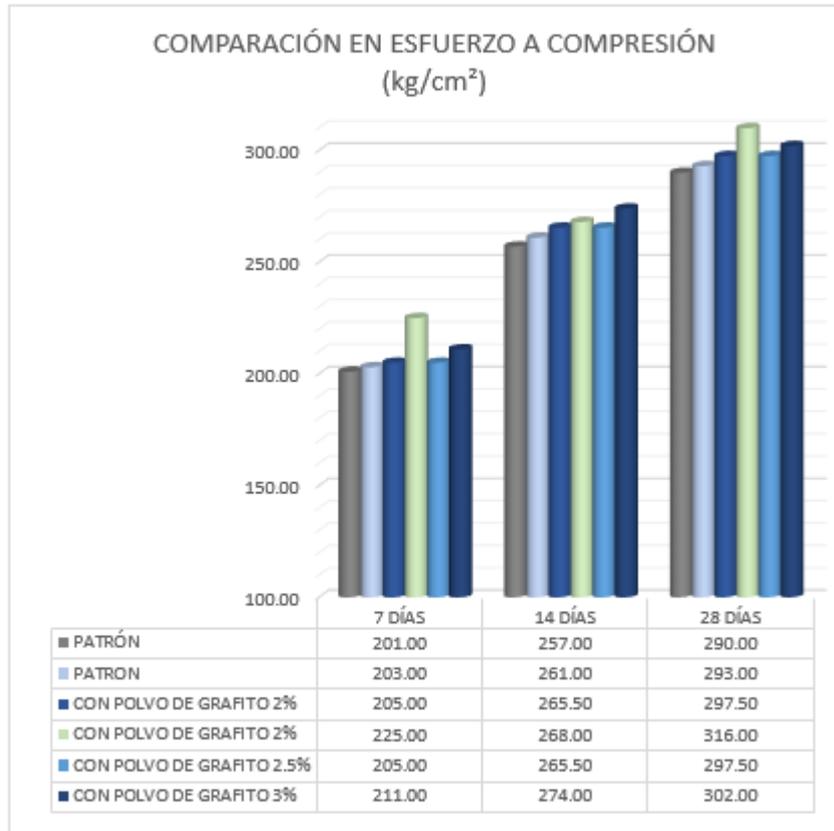


Figura 41. Comparación en esfuerzo a compresión (kg/cm²)
Elaborado por: los autores

a) Interpretaciones de las figuras 40 y 41

Se observa que representan las resistencias a compresión y las resistencias a la flexión obtenidas de los 4 diseños de mezcla que se hicieron en laboratorio. A partir de los gráficos, se concluyó que la adición de polvo de grafito fue significativamente favorable.

- **H1:** El uso del polvo de grafito mejora la resistencia a la compresión de un concreto $f'c$ 210 kg/cm².

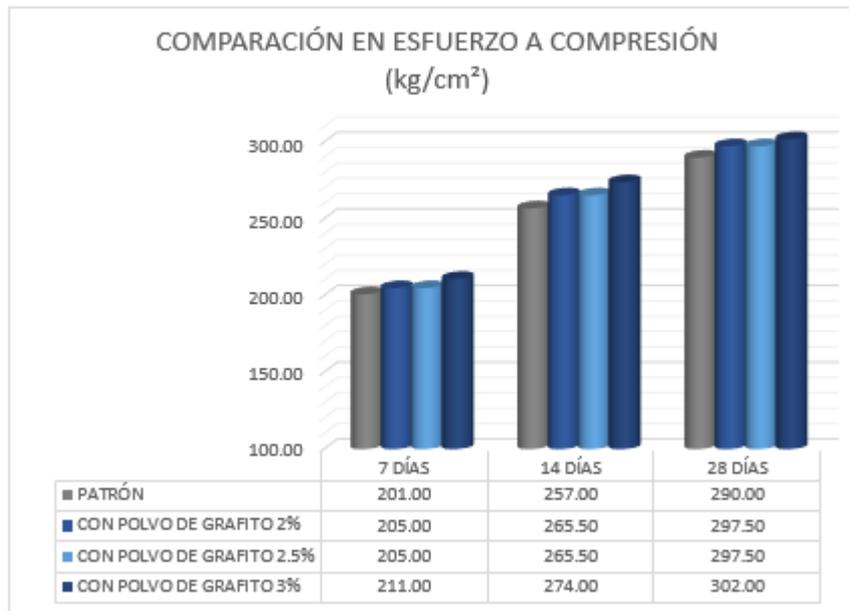


Figura 42. Comparación en esfuerzo a compresión (kg/cm²)
Elaborado por: los autores

b) Interpretación de la Figura 42

Se observa que representa la resistencia a la compresión obtenida de los 4 diseños de mezcla. A partir de los gráficos, se concluyó que la adición de polvo de grafito fue significativamente favorable en el $f'c$, pues se obtuvo un $f'c = 211.00 \text{ kg/cm}^2$ como la mayor resistencia a los 7 días de edad con la adición de 3% de polvo de grafito, un $f'c = 274.00 \text{ kg/cm}^2$ como la mayor resistencia a los 14 días de edad y un $f'c = 302.00 \text{ kg/cm}^2$ como mayor resistencia a la compresión a los 28 días de edad de curado. Este último resultado pasó el 100% de la resistencia de diseño.

- **H2:** El uso del polvo de grafito mejora la resistencia a la flexión de un concreto $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$.

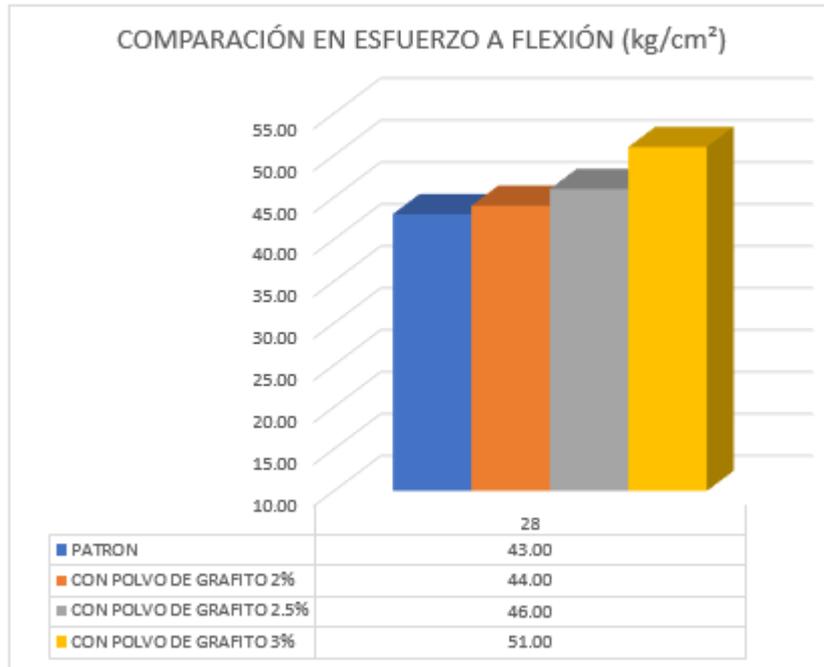


Figura 43. Comparación en esfuerzo a flexión (kg/cm²)
Elaborado por: los autores

c) Interpretación de la Figura 43

Se observa que representa la resistencia a flexión obtenida de los 4 diseños de mezcla. A partir de los gráficos, se concluyó que la adición de polvo de grafito fue significativamente favorable en el $f'c$, pues se obtuvo un $f'c = 42.50 \text{ kg/cm}^2$ como la mayor resistencia a los 7 días de edad con la adición de 3% de polvo de grafito, un $f'c = 46.50 \text{ kg/cm}^2$ como la mayor resistencia a los 14 días de edad y un $f'c = 51.00 \text{ kg/cm}^2$ como mayor resistencia a la compresión a los 28 días de edad de curado. Este último resultado pasó el 100% de la resistencia de diseño.

CONCLUSIONES

Luego de analizar profundamente los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones.

1. El polvo de grafito sí influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto, y que la adición del 3% de polvo de grafito fue la más óptima y cumplió con los lineamientos dados.
2. El polvo de grafito influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto, y que la adición del 3% de polvo de grafito fue la más óptima y cumplió con los lineamientos dados.
3. El polvo de grafito influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto, y que la adición del 3% de polvo de grafito fue la más óptima y cumplió con los lineamientos dados.
4. Luego de 28 días, al agregar 0 %, 2 %, 2.5 %, y 3% de polvo de grafito al concreto patrón, se evidenció que el concreto incrementó su resistencia a la compresión en un 103.55 %, 104.65 %, 106.15 %, y 107.85% respectivamente.
5. Luego de 28 días, al agregar 0 %, 2 %, 2.5 %, y 3% de polvo de grafito al concreto patrón, se evidenció que el concreto alcanzó resistencias a la flexión de 43 kg/cm², 44 kg/cm², 46 kg/cm² y 51 kg/cm² respectivamente.
6. A mayor adición de polvo de grafito, la prueba del asentamiento *Slump* disminuye; se llegó a esta conclusión porque se demostró parcialmente que, al utilizar 2 % de polvo de grafito, la prueba de asentamiento *Slump*

disminuyó a 5"; mientras que con la adición de 2.5 %, la prueba de asentamiento disminuyó a 4 ½"; y, finalmente, con la adición del 3% de polvo de grafito, el asentamiento disminuyó a 3 ½".

RECOMENDACIONES

1. Tener en consideración que este estudio aplica para la fecha en la cual fue aprobado, setiembre del 2020, debido a que, con el transcurso del tiempo, el estado de conservación de la estructura tenderá a disminuir por el mismo desgaste que sufre. Se estima que la estructura sea evaluada en un periodo no menor a 6 meses.
2. Realizar más estudios e investigaciones del concreto con la incorporación de polvo de grafito como aditivo nanotecnológico con diferentes porcentajes de dosificación.
3. Seguir investigando a profundidad las propiedades físico-mecánicas del polvo de grafito.
4. Utilizar el polvo de grafito como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del concreto.
5. Realizar una mayor cantidad de probetas de concreto con aditivos nanotecnológicos, a fin de obtener resultados mucho más certeros y exactos.
6. Analizar el costo-beneficio antes de utilizar el polvo de grafito como aditivo nanotecnológico.
7. Supervisar los ensayos de laboratorio con un personal calificado, a fin de

realizar un correcto desarrollo.

8. Incentivar a la Universidad de San Martín de Porres que fomente este tipo de investigaciones sobre los aditivos nanotecnológicos; por ejemplo, el polvo de grafito no se produce en el Perú a pesar de los beneficios que la ciencia le atribuye. Asimismo, recomendar que la Escuela Profesional de Ingeniería Civil incentive el aprendizaje acerca de las propiedades mecánicas del concreto con la adición del polvo de grafito.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Albayati, A., Butrouna, K., Steffen, R., Salman, B., & Al-Qaralleh, M. (2020). Utilizing Graphite Powder to Improve Concrete Conductivity, Compressive Strength, and Workability, *Researchgate*, DOI: 10.1061/9780784482889.093. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/341135571_Utilizing_Graphite_Powder_to_Improve_Concrete_Conductivity_Compressive_Strength_and_Workability.
- Alkhateb, H., Al-Ostaz, A., Cheng, A., Xiaobing L. (2013). Materials genome for graphene-cement nanocomposites for infrastructure applications. *Journal of Nanomechanics and Micromechanics*, Vol. 3, 14-32. doi: 10.1061/(ASCE)NM.2153-5477.0000055.
- Anwar, A., Bashar, M., Mubarak bin Abdul, W., Liew, M. S. (01 de octubre de 2019). Enhanced Properties of Cementitious Composite Tailored with Graphene Oxide Nanomaterial - A Review. *Researchgate*, Vol. 1, DOI: 10.1016/j.dibe.2019.100002. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/337003782_Enhanced_Properties_of_Cementitious_Composite_Tailored_with_Graphene_Oxide_Nanomaterial_-_A_Review
- Apaza, V., & Quispe, K. (2018). *Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4772>

- Backus, B. E. (2019-2020). *What is Workability of Concrete?* EE. UU. Gilson Company. Recuperado de www.globalgilson.com
- Bartra, D. (2019). *Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto f'c 210 kg/cm2 Tarapoto, 2018* (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Perú.
- Beltrán, M., Barbudo, A., & Agrela, F. (2016). *Materiales, indefinidos 2016, Rendimiento mecánico de morteros de lecho hechos con cenizas de fondo de biomasa de olivo*. Dakota del Norte: Elsevier. . Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S09500618>
- Benavides, E., Fernández, M., Villalpando, R., Chacón, A., & Alvarado, O. (2015). Factibilidad del concreto permeable en la filtración del agua al subsuelo. *Rev. Culcyt*(55), 132-141. Recuperado de <http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>
- Burgos, E. (2012). *Variación del Módulo de Finura del agregado fino de 3.0 a 3.6 en concretos de mediana a baja resistencia* (teís de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Recuperado de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3413/1/burgos_eg.pdf
- Ccopa, H. (2017). *Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto*. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4534/Ccopa_Mamani_Heber.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chicardi, E., Torres, Y., Sayagués, M., Medri, V., Melandri, C., Córdoba, J., & Gotor, F. (2015). Aumento de la tenacidad de fractura en cermets basados en carbonitruro de titanio mediante la adición de grafito. *Rev. Anales de Mecánica de la Fractura*, 32, 273-278. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/276278787_aumento_de_la_tenacidad_de_fractura_en_cermets_basados_en_carbonitruro_de_titanio_mediante_la_adicion_de_grafito
- Dimov, D., Amit, I., Gorrie, O., Barnes, M., Townsend, N., Neves, A., Craciun, M. (2018). Compuestos de grafeno nanograbado de ultra alto

- rendimiento para aplicaciones multifuncionales. *WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.*, 28, 1-12. doi:DOI: 10.1002/adfm.201705183
- Farooq, K, Akbar, A, Faisal, R, . . . F. (2019). Un estudio comparativo sobre la evaluación del desempeño de GNP / CNT híbridos en morteros convencionales y autocompactantes. *Rev. El servir*, 59(1), 369-379.
- Grafeno (2019-2021). *Compuestos de grafeno y hormigón para aplicaciones multifuncionales*. Colombia, recuperado de <https://grafeno.co/compuestos-de-grafeno-y-hormigon-para-aplicaciones-multifuncionales/>
- Hansen, T. (tercera edición). (1995). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: Fondo Editorial PUCP
- Isidro, G. (2017). *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto F'c 210 KG/CM* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- Lomarat, K., Sappakittipakorn, M., Sukontasukkul, P., & Banthia, N. (2014). Efecto de la fibra de carbono y el polvo de grafito sobre la resistividad del sensor a base de cemento bajo compresión. *Researchgate*, DOI: 10.14416/j.ijast.2014.01.005.
- Munguía, S. (2019). *Análisis comparativo físico-mecánico entre fibras de acero y teraftalato de polietileno en la adición al concreto para el pavimento rígido de la av. El Ejercito-2019* (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Osorio, J. (2016). *Preparación de materiales grafénicos para uso como electrodos en sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía* (investigación de posgrado). Universidad de Oviedo, España. Recuperado de http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/39066/6/TFM_JM%20Osorio%20Mancilla.pdf
- Pasquel, E. (1998). *Tópico de tecnología del concreto en el Perú* (segunda ed.). Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Román, T., & Pillpinto, D. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto f'c 210kg/cm2 hormigón y agregado clasificado, en el distrito de Maranura- la convención – Cusco* (tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Perú. Recuperado de

http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/716/3/Treisi_Dante_Tesis_bachiller_2016_p_1.pdf

- Saez, E. (8 de diciembre de 2018). El concreto en la vida moderna, *Construcción Pan-Americana*, Número 1, pág. 5. Recuperado de [construccion-pa.com](https://www.construccion-pa.com): <https://www.construccion-pa.com/productos-y-tecnologia/el-concreto-en-la-vida-moderna/>
- Serkan Kirgiz, M. (enero 2016). Advancements in mechanical and physical properties for marble powder–cement composites strengthened by nanostructured graphite particles. *El Servier: Mechanics of Materials*, 223-234. doi: 10.1016/j.mechmat.2015.09.013
- Yañes, J. (2014). *Control de calidad en los componentes para la obtención de concretos* (tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín, Arequipa. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9846/IMyajujm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Matriz de consistencia	104
Anexo 2 Determinación del peso unitario suelto y compactado de los agregados	125
Anexo 3 Determinación del peso específico y absorción del agregado fino	127
Anexo 4 Método prueba estándar para la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de los agregados gruesos.	128
Anexo 5 Contenido de humedad evaporable del agregado grueso y del agregado fino	129
Anexo 6 Análisis granulométrico de los agregados	130
Anexo 7 Diseño de mezcla patrón	131
Anexo 8 Diseño de mezcla 2 % de grafito	132
Anexo 9 Diseño de mezcla 2.5 % de grafito	133
Anexo 10 Diseño de mezcla 3 % de grafito	134
Anexo 11 Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón (7 días)	135
Anexo 12 Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón (14 días)	136
Anexo 13 Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón (28 días)	137
Anexo 14 Método de prueba estándar para la determinación del módulo de rotura del hormigón-concreto (7 días)	138

Anexo 15 Método de prueba estándar para la determinación del módulo de rotura del hormigón-concreto (14 días)	139
Anexo 16 Método de prueba estándar para la determinación del módulo de rotura del hormigón-concreto (28 días)	140
Anexo 17 Ficha técnica de grafito (electro grafito)	141
Anexo 18 Certificado de grafito (certificado pantrac)	142
Anexo 19 ISO del grafito	143
Anexo 20 Certificado de calibración de la balanza electrónica	144
Anexo 21 Certificado de calibración del horno	148
Anexo 22 Certificado de calibración de la prensa	153
Anexo 23 Procedimiento de ensayos de laboratorio	155

Anexo 1
Matriz de consistencia

TÍTULO: Uso de polvo de grafito como aditivo en el concreto $f'c$ 210 kg/cm² a fin de mejorar las propiedades mecánicas

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		METODOLOGÍA
			VARIABLES Y DIMENSIONES	INDICADORES	
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cuál será la influencia del polvo de grafito como aditivo en las propiedades mecánicas de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm²?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Cómo influye el polvo de grafito en la resistencia a la</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la influencia de polvo de grafito en las propiedades mecánicas de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm².</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Determinar la influencia usando 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito en la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm².</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL El uso del polvo de grafito mejora las propiedades mecánicas del concreto de $f'c$ 210 kg/cm².</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS El uso del polvo de grafito mejora la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm².</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X): Polvo de grafito.</p> <p>DIMENSIÓN Dosificación de polvo de grafito en el diseño.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y):</p>	<p>2%</p> <p>2.5%</p> <p>3%</p>	<p>DISEÑO Enfoque: cuantitativo Tipo: correlacional Nivel: descriptivo Diseño: experimental</p> <p>POBLACIÓN Se encuentra conformada por un concreto patrón, al cual será agregado 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas.</p> <p>MUESTRA</p>

<p>compresión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm²?</p> <p>¿Cómo influye el polvo de grafito en la resistencia a la flexión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm²?</p>	<p>Determinar la influencia usando 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito en la resistencia a la flexión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm².</p>	<p>El uso del polvo de grafito mejora la resistencia a la flexión de un concreto de $f'c$ 210 kg/cm².</p>	<p>Propiedades mecánicas del concreto.</p> <p>DIMENSIÓN</p> <p>Métodos de ensayos mecánicos.</p>	<p>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</p> <p>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN</p>	<p>La muestra de este estudio fue la cantidad de probetas cilíndricas de concreto.</p> <p>TÉCNICAS</p> <p>RECOLECCIÓN DE DATOS - Realización de ensayos mecánicos.</p> <p>PROCESAMIENTO DE DATOS - Computacional</p> <p>INSTRUMENTOS</p> <p>RECOLECCIÓN DE DATOS - Instrumentos manuales de laboratorio de materiales.</p> <p>PROCESAMIENTO DE DATOS - Hoja de cálculo (Excel).</p>
---	---	---	--	--	---

Anexo 2

Determinación del peso unitario suelto y compactado de los agregados

	INFORME	Código	AE-FO-101
	DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS ASTM C29 / C29M - 17a	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto $f_c=210$ kg/cm ² A fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto.	Registro N°:	IGC20-LEM-180-07
Solicitante	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta	Muestreado por :	Solicitante
Atención	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta	Ensayado por :	L. Melgár
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	8/7/2020
Material	: Agregado Fino	Turno:	Diurno

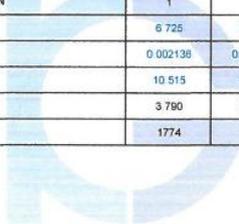
Código de Muestra : —
Procedencia : Cantera Trapiche
N° de Muestra : —
Progresiva : —

PESO UNITARIO SUELTO

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	6.725	6.725	
Volumen de molde (m ³)	0.002136	0.002136	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	10.009	10.007	
Peso de muestra suelta (kg)	3.284	3.282	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1537	1537	

PESO UNITARIO COMPACTADO

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	6.725	6.725	
Volumen de molde (m ³)	0.002136	0.002136	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	10.515	10.503	
Peso de muestra suelta (kg)	3.790	3.778	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1774	1769	


INGEOCONTROL
 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM Nombre y firma: 	JEFE LEM Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	CQC - LEM Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Apanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.inaecocontrol.com / informes@inaecocontrol.com

	INFORME		Código	AE-FO-101
	DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS ASTM C29 / C29M - 17a		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
Proyecto	: Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto f'c=210 kg/cm2 : A fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto.		Registro N°: IGC20-LEM-180-06	
Solicitante	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta		Muestreado por :	Solicitante
Atención	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta		Ensayado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima		Fecha de Ensayo:	8/7/2020
Material	: Agregado Grueso		Turno:	Durno
Código de Muestra	: ---			
Procedencia	: Cantera Trapiche			
N° de Muestra	: ---			
Progresiva	: ---			

PESO UNITARIO SUELTO

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	6.725	6.725	
Volumen de molde (m3)	0.002136	0.002136	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	9.667	9.676	
Peso de muestra suelta (kg)	2.942	2.951	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1377	1382	1379

PESO UNITARIO COMPACTADO

IDENTIFICACIÓN	1	2	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	6.725	6.725	
Volumen de molde (m3)	0.002136	0.002136	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	9.942	9.960	
Peso de muestra suelta (kg)	3.217	3.235	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m3)	1506	1515	1510



INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM Nombre y firma: <div style="text-align: center;">  </div>	JEFE LEM Nombre y firma: <div style="text-align: center;">  Noemi C. Sanchez Guaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 <small>INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.</small> </div>	CQC - LEM Nombre y firma: <div style="text-align: center;">  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL <small>INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.</small> </div>

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.ingeocontrol.com/ / informes@ingeocontrol.com

Anexo 3

Determinación del peso específico y absorción del agregado fino

	INFORME	Código	AE-FO-67
	DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C128-15	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto f'c=210 kg/cm2 A fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto.	Registro N°: IGC20-LEM-100-02
Solicitante	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta	Muestreado por : Solicitante
Atención	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta	Ensayado por : L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo: 8/7/2020
Material	: Agregado Fino	Turno: Diurno

Código de Muestra : --
 Procedencia : Cantera Trapiche
 N° de Muestra : --
 Progresiva : --

IDENTIFICACIÓN		1	2	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	500.0	500.0	
B	Peso Frasco + agua	666.5	666.5	
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS	978.7	978.3	
D	Peso del Mat. Seco	489.0	488.8	
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = D/(B+A-C)		2.604	2.597	2.601
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = A/(B+A-C)		2.662	2.657	2.660
Pe aparente (Base seca) o Peso específico aparente = D/(B+D-C)		2.768	2.782	2.764
% Absorción = 100*((A-D)/D)		2.2	2.3	2.3



INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Anexo 4

Método prueba estándar para la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de los agregados gruesos.

	INFORME		Código	AE-FO-78
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y LA ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS ASTM C127-15		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1

Proyecto : Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto f'c=210 kg/cm2 A fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto.	Registro N° : IGC20-LEM-180-01
Solicitante : José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta	Muestreado por : Solicitante
Atención : José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta	Ensayado por : L. Melgar
Ubicación de Proyecto : Lima	Fecha de Ensayo : 8/7/2020
Material : Agregado Grueso	Turno : Diurno

Tipo de muestra	: ---
Procedencia	: Cantera Trapiche
N° de Muestra	: ---
Progresiva	: ---

DATOS			
	A	B	
1	Peso de la muestra sss	2705.0	2916.0
2	Peso de la muestra sss sumergida	1706.0	1841.0
3	Peso de la muestra secada al horno	2687.0	2892.5

RESULTADOS	1	2	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.690	2.691	2.690
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S	2.708	2.713	2.710
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.739	2.750	2.745
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.7	0.8	0.7



INGEOCONTROL
INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CCC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Anexo 5

Contenido de humedad evaporable del agregado grueso y del agregado fino

	INFORME	Código	AE-FO-87
	CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS ASTM C566-19	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
Proyecto : Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto f'c=210 kg/cm2 A fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Solicitante : José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta Atención : José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta Ubicación de Proyecto : Lima	REGISTRO N°: IGC20-LEM-180-08 Muestreado por : Solicitante Ensayado por : L. Melgar Fecha de Ensayo: 13/7/2020 Turno: Diurno		

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS
1	Peso del Recipiente	g	0.0
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	1869.1
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	1865.4
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.20

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS
1	Peso del Recipiente	g	0.0
2	Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	228.9
3	Peso del Recipiente + muestra seca	g	222.2
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.02



INGEOCONTROL
INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP. N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

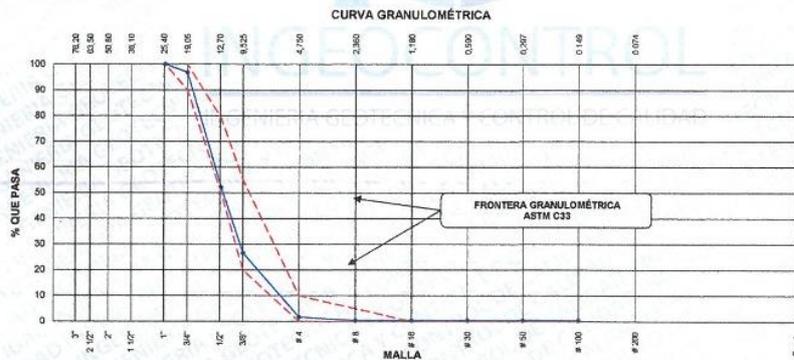
Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.ingeocontrol.com/ / informes@ingeocontrol.com

Anexo 6

Análisis granulométrico de los agregados

 <p>INGEOCONTROL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD</p>	INFORME	Código	AE-FO-63
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C138	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1
Proyecto	: Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto f'c=210 kg/cm2 A fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto.	Registro N°:	IGC20-LEM-180-03
Solicitante	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta	Muestreado por :	Solicitante
Atención	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta	Ensayado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	8/7/2020
Material	: Agregado Grueso	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: ---		
Procedencia	: Cantera Trapiche		
N° de Muestra	: ---		
Progresiva	: ---		

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 67							
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"	
4"	100.00 mm				100.00	100.00	
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00	
3"	75.00 mm				100.00	100.00	
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00	
2"	50.00 mm				100.00	100.00	
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00	
1"	25.00 mm			100.00	100.00	100.00	
3/4"	19.00 mm	81.1	3.12	3.12	96.88	90.00	100.00
1/2"	12.50 mm	1186.5	44.81	47.93	52.07	50.00	79.00
3/8"	9.50 mm	661.0	25.39	73.32	26.68	20.00	55.00
# 4	4.75 mm	649.8	24.96	98.29	1.71	0.00	10.00
# 8	2.36 mm	34.3	1.32	99.60	0.40	0.00	5.00
# 16	1.18 mm		0.00	99.60	0.40	0.00	0.00
# 30	600 µm		0.00	99.60	0.40	0.00	0.00
# 50	300 µm		0.00	99.60	0.40	0.00	0.00
# 100	150 µm		0.00	99.60	0.40	0.00	0.00
Fondo	-	10.3	0.40	100.00	0.00	-	-
					MF	7.22	
					TMN	1/2"	



INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM Nombre y firma: 	JEFE LEM Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 195029 INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	QCC - LEM Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.inaeocontrol.com/ informes@inaeocontrol.com

Anexo 7

Diseño de mezcla patrón

	INFORME		Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO REFERENCIA ACI 211.1		Versión	01
			Fecha	30-09-2019
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto $f_c=210$ kg/cm ²		REGISTRO N°	IGC20-LEM-180-09
SOLICITANTE	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta		REALIZADO POR :	L. Melgar
ENTIDAD	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta		REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima		FECHA DE ELABORACIÓN :	14/7/2020
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino		Fm de diseño:	210 kg/cm ²
Procedencia	: Cantera Trapiche		Asentamiento:	0"
Cemento	: Cemento Sol Tipo I		Código de mezcla:	PATRON

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA $F'_{cr} = 294$	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Cemento = 400 kg = 9.4 Bolsas x m ³
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO R a/c = 0.57	6. ADICIONES Grafito No aplica
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA Agua = 228 L	7. FIBRAS Fibras sintéticas No aplica
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO Aire = 2.5%	8. ADITIVOS Aditivo No aplica

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento Sol Tipo I	3110 kg/m ³	0.1266 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2280 m ³
Aire atrapado = 2.5%	---	0.0250 m ³
Grafito	No aplica	0.0000 m ³
Aditivo	No aplica	0.0000 m ³
Agregado grueso	2710 kg/m ³	0.3028 m ³
Agregado fino	2660 kg/m ³	0.3156 m ³
Volumen de pasta		0.3816 m ³
Volumen de agregados		0.8184 m ³

	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	T.M.N.
Agregado grueso	0.20%	0.70%	7.22	1379	1510	1/2 in
Agregado fino	3.02%	2.30%	2.71	1537	1772	---

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS	14. RESUMEN DE PROPORCIONES EN PESO		
Agregado grueso 49.0% = 0.3028 m ³ = 821 kg	COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO
Agregado fino 51.0% = 0.3156 m ³ = 839 kg	Cemento Sol Tipo I	400 kg	400 kg
Agregado fino Reciclado 0.0% = 0.0000 m ³ = 0 kg	Agua	228 L	228 L
Caucho 0.0% = 0.0000 m ³ = 0 kg	Aire atrapado = 2.5%	0.0 kg	0.0 kg
	Grafito	0.0 kg	0.0 kg
	Aditivo	0.0 kg	0.0 kg
	Agregado grueso	821 kg	822 kg
	Agregado fino	839 kg	885 kg
	Agregado fino Reciclado	0 kg	0 kg
	Caucho	0 kg	0 kg
	PUT		2313 kg

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD	15. TANDA DE PRUEBA MÍNIMA	
Agregado grueso 822 kg	0.041 m ³	
Agregado fino 865 kg	COMPONENTE	PESO HÚMEDO
Agregado fino Reciclado 0 kg	Cemento Sol Tipo I	16.4 kg
Caucho 0 kg	Agua	9.266L
	Aire atrapado = 2.5%	0 kg
	Grafito	0 kg
	Aditivo	0 g
	Agregado grueso	33.714 kg
	Agregado fino	35.464 kg
	Agregado fino Reciclado	0 kg
	Caucho	0 kg
	Slump obtenido	8"

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD	13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA
Agua 226 L	CEM A.F. A.G. AGUA
	1 : 2.1 : 2.2 : 24.0 L

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL.
- Los valores presentados en el presente diseño pueden variar ligeramente en obra por cambios en la granulometría del agregado, correcciones por humedad y absorción, la limpieza de los agregados, el cambio de tipo de cemento y/o proporción de aditivo

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM Nombre y firma: 	JEFE LEM Nombre y firma: Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	COC - LEM Nombre y firma: Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Anexo 8

Diseño de mezcla 2 % de grafito

	INFORME	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO	Versión	01
	REFERENCIA ACI 211.1	Fecha	30-09-2019
		Página	1 de 1
PROYECTO : Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto f'c=210 kg/cm ² SOLICITANTE : José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta ENTIDAD : José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima	REGISTRO N°: IGC20-LEM-100-10 REALIZADO POR : L. Malgar REVISADO POR : J. Gutiérrez FECHA DE ELABORACIÓN : 14/7/2020		
Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino/ 2% Polvo de Grafito Procedencia : Cantera Trapiche Cemento : Cemento Sol Tipo I	Fm de diseño : 210 kg/cm ² Asentamiento : 0" Código de mezcla : 2% Polvo de Grafito		

- | | |
|---|---|
| 1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
$F'_{cr} = 294$ | 5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 400 kg = 94 Bolsas x m ³ |
| 2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
$R_{a/c} = 0.57$ $R_{a/c} = 0.56$ | 6. ADICIONES
Grafito = 8.0 kg |
| 3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 228 L | 7. FIBRAS
Fibras sintéticas No aplica |
| 4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 2.5% | 8. ADITIVOS
Aditivo No aplica |

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	TMN
Cemento Sol Tipo I	3110 kg/m ³	0.1286 m ³						
Agua	1000 kg/m ³	0.2280 m ³						
Aire atrapado = 2.5%	---	0.0250 m ³						
Grafito	2200 kg/m ³	0.0036 m ³						
Aditivo	No aplica	0.0000 m ³						
Agregado grueso	2710 kg/m ³	0.3010 m ³	0.20%	0.70%	7.22	1379	1510	1/2 in
Agregado fino	2660 kg/m ³	0.3137 m ³	3.02%	2.30%	2.71	1537	1772	---
Volumen de pasta		0.3853 m ³						
Volumen de agregados		0.6147 m ³						

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS Agregado grueso 49.0% = 0.3010 m ³ = 816 kg Agregado fino 51.0% = 0.3137 m ³ = 834 kg Agregado fino Reciclado 0.0% = 0.0000 m ³ = 0 kg Caucho 0.0% = 0.0000 m ³ = 0 kg	14. RESUMEN DE PROPORCIONES EN PESO <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMPONENTE</th> <th>PESO SECO</th> <th>PESO HÚMEDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Cemento Sol Tipo I</td><td>400 kg</td><td>400 kg</td></tr> <tr><td>Agua</td><td>228 L</td><td>226 L</td></tr> <tr><td>Aire atrapado = 2.5%</td><td>No aplica</td><td>No aplica</td></tr> <tr><td>Grafito</td><td>8.0 kg</td><td>8.0 kg</td></tr> <tr><td>Aditivo</td><td>0.0 kg</td><td>0.0 kg</td></tr> <tr><td>Agregado grueso</td><td>816 kg</td><td>817 kg</td></tr> <tr><td>Agregado fino</td><td>834 kg</td><td>860 kg</td></tr> <tr><td>Agregado fino Reciclado</td><td>0 kg</td><td>0 kg</td></tr> <tr><td>Caucho</td><td>0 kg</td><td>0 kg</td></tr> <tr><td>PUT</td><td></td><td>2311 kg</td></tr> </tbody> </table>	COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO	Cemento Sol Tipo I	400 kg	400 kg	Agua	228 L	226 L	Aire atrapado = 2.5%	No aplica	No aplica	Grafito	8.0 kg	8.0 kg	Aditivo	0.0 kg	0.0 kg	Agregado grueso	816 kg	817 kg	Agregado fino	834 kg	860 kg	Agregado fino Reciclado	0 kg	0 kg	Caucho	0 kg	0 kg	PUT		2311 kg
COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO																																
Cemento Sol Tipo I	400 kg	400 kg																																
Agua	228 L	226 L																																
Aire atrapado = 2.5%	No aplica	No aplica																																
Grafito	8.0 kg	8.0 kg																																
Aditivo	0.0 kg	0.0 kg																																
Agregado grueso	816 kg	817 kg																																
Agregado fino	834 kg	860 kg																																
Agregado fino Reciclado	0 kg	0 kg																																
Caucho	0 kg	0 kg																																
PUT		2311 kg																																

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD Agregado grueso 817 kg Agregado fino 860 kg Agregado fino Reciclado 0 kg Caucho 0 kg	15. TANDA DE PRUEBA MÍNIMA <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMPONENTE</th> <th>PESO HÚMEDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Cemento Sol Tipo I</td><td>22 kg</td></tr> <tr><td>Agua</td><td>12.484L</td></tr> <tr><td>Aire atrapado = 2.5%</td><td>0 kg</td></tr> <tr><td>Grafito</td><td>440g</td></tr> <tr><td>Aditivo</td><td>0 g</td></tr> <tr><td>Agregado grueso</td><td>44.96 kg</td></tr> <tr><td>Agregado fino</td><td>47.281 kg</td></tr> <tr><td>Agregado fino Reciclado</td><td>0 kg</td></tr> <tr><td>Caucho</td><td>0 kg</td></tr> <tr><td>Slump obtenido</td><td>5"</td></tr> </tbody> </table>	COMPONENTE	PESO HÚMEDO	Cemento Sol Tipo I	22 kg	Agua	12.484L	Aire atrapado = 2.5%	0 kg	Grafito	440g	Aditivo	0 g	Agregado grueso	44.96 kg	Agregado fino	47.281 kg	Agregado fino Reciclado	0 kg	Caucho	0 kg	Slump obtenido	5"
COMPONENTE	PESO HÚMEDO																						
Cemento Sol Tipo I	22 kg																						
Agua	12.484L																						
Aire atrapado = 2.5%	0 kg																						
Grafito	440g																						
Aditivo	0 g																						
Agregado grueso	44.96 kg																						
Agregado fino	47.281 kg																						
Agregado fino Reciclado	0 kg																						
Caucho	0 kg																						
Slump obtenido	5"																						

OBSERVACIONES:
 * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
 * Prohíbese la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGEOCONTROL
 * Los valores presentados en el presente diseño pueden variar ligeramente en obra por cambios en la granulometría del agregado, correcciones por humedad y absorción, la limpieza de los agregados, el cambio de tipo de cemento y/o proporción de aditivo.

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM Nombre y firma: 	JEFE LEM Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	CCC - LEM Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Anexo 9

Diseño de mezcla 2.5 % de grafito

 <p>INGEOCONTROL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD</p>	INFORME	Código	AE-FO-93
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO	Versión	01
	REFERENCIA ACI 211.1	Fecha	30-09-2019
		Página	1 de 1
PROYECTO : Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto $f'c=210$ kg/cm ² SOLICITANTE : José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta ENTIDAD : José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima	REGISTRO N° : IGC20-LEM-100-11 REALIZADO POR : L. Melgar REVISADO POR : J. Gutiérrez FECHA DE ELABORACIÓN : 14/7/2020		
Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino/ 2.5% Polvo de Grafito Procedencia : Cantera Trapiche Cemento : Cemento Sol Tipo I	Fm de diseño : 210 kg/cm ² Asentamiento : 0" Código de mezcla : 2.5% Polvo de Grafito		

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA

$F'_{cr} = 294$

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO

$R_{a/c} = 0.57$

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA

Agua = 228 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO

Aire = 2.5%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

Cemento = 400 kg = 9.4 Bolsas x m³

6. ADICIONES

Grafito = 10.0 kg

7. FIBRAS

Fibras sintéticas No aplica

8. ADITIVOS

Aditivo No aplica

9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento Sol Tipo I	3110 kg/m ³	0.1286 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.2280 m ³
Aire atrapado = 2.5%	---	0.0250 m ³
Grafito	2200 kg/m ³	0.0045 m ³
Aditivo	No aplica	0.0000 m ³
Agregado grueso	2710 kg/m ³	0.3006 m ³
Agregado fino	2660 kg/m ³	0.3132 m ³
Volumen de pasta		0.3802 m ³
Volumen de agregados		0.6138 m ³

10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso 49.0% = 0.3006 m³ = 815 kg
 Agregado fino 51.0% = 0.3132 m³ = 833 kg
 Agregado fino Reciclado 0.0% = 0.0000 m³ = 0 kg
 Caucho 0.0% = 0.0000 m³ = 0 kg

11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso 816 kg
 Agregado fino 858 kg
 Agregado fino Reciclado 0 kg
 Caucho 0 kg

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua 226 L

13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM A.F. A.G. AGUA
 1 : 2.1 : 2.2 : 24.0 L

14. RESUMEN DE PROPORCIONES EN PESO

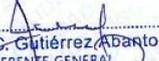
COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO
Cemento Sol Tipo I	400 kg	400 kg
Agua	228 L	228 L
Aire atrapado = 2.5%	No aplica	No aplica
Grafito	10.0 kg	10.0 kg
Aditivo	0.0 kg	0.0 kg
Agregado grueso	815 kg	816 kg
Agregado fino	833 kg	858 kg
Agregado fino Reciclado	0 kg	0 kg
Caucho	0 kg	0 kg
PUT		2311 kg

15. TANDA DE PRUEBA MÍNIMA

COMPONENTE	PESO HÚMEDO
Cemento Sol Tipo I	20.4 kg
Agua	11.53L
Aire atrapado = 2.5%	0 kg
Grafito	510g
Aditivo	0 g
Agregado grueso	41.628 kg
Agregado fino	43.778 kg
Agregado fino Reciclado	0 kg
Caucho	0 kg
Slump obtenido	4" ±"

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD
- * Los valores presentados en el presente diseño pueden variar ligeramente en obra por cambios en la granulometría del agregado, correcciones por humedad y absorción, la limpieza de los agregados, el cambio de tipo de cemento y/o proporción de aditivo.

INGEOCONTROL S.A.C.		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N° 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.ingeocontrol.com/ informes@ingeocontrol.com

Anexo 10

Diseño de mezcla 3 % de grafito

 <p>INGEOCONTROL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD</p>	INFORME	Código	AE-FO-93																																																																																										
	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - DISEÑO COMPROBADO	Versión	01																																																																																										
	REFERENCIA ACI 211.1	Fecha	30-09-2019																																																																																										
		Página	1 de 1																																																																																										
PROYECTO : Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ SOLICITANTE : José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta ENTIDAD : José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima		REGISTRO N° : IGC20-LEM-180-12 REALIZADO POR : L. Meigar REVISADO POR : J. Gutiérrez FECHA DE ELABORACIÓN : 14/7/2020																																																																																											
Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino/ 3% Polvo de Grafito Procedencia : Cantera Trapiche Cemento : Cemento Sol Tipo I		Fm de diseño : 210 kg/cm ² Asentamiento : 0" Código de mezcla : 3% Polvo de Grafito																																																																																											
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA $F'_{cr} = 294$		5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Cemento = 400 kg = 9.4 Bolsas x m ³																																																																																											
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO $R_{a/c} = 0.57$		6. ADICIONES Grafito = 12.0 kg																																																																																											
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA Agua = 228 L		7. FIBRAS Fibras sintéticas No aplica																																																																																											
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO Aire = 2.5%		8. ADITIVOS Aditivo No aplica																																																																																											
9. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>INSUMO</th> <th>PESO ESPECÍFICO</th> <th>VOLUMEN ABSOLUTO</th> <th>HUMEDAD</th> <th>ABSORCIÓN</th> <th>MÓD. FINEZA</th> <th>P.U. SUELTO</th> <th>P.U. COMPACTADO</th> <th>TMN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento Sol Tipo I</td> <td>3110 kg/m³</td> <td>0.1286 m³</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1000 kg/m³</td> <td>0.2280 m³</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aire atrapado = 2.5%</td> <td>---</td> <td>0.0250 m³</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grafito</td> <td>2200 kg/m³</td> <td>0.0055 m³</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aditivo</td> <td>No aplica</td> <td>0.0000 m³</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>2710 kg/m³</td> <td>0.3002 m³</td> <td>0.20%</td> <td>0.70%</td> <td>7.22</td> <td>1379</td> <td>1510</td> <td>1/2 in</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>2660 kg/m³</td> <td>0.3128 m³</td> <td>3.02%</td> <td>2.30%</td> <td>2.71</td> <td>1537</td> <td>1772</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de pasta</td> <td>0.3871 m³</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de agregados</td> <td>0.6129 m³</td> <td colspan="6"></td> </tr> </tbody> </table>				INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	TMN	Cemento Sol Tipo I	3110 kg/m ³	0.1286 m ³							Agua	1000 kg/m ³	0.2280 m ³							Aire atrapado = 2.5%	---	0.0250 m ³							Grafito	2200 kg/m ³	0.0055 m ³							Aditivo	No aplica	0.0000 m ³							Agregado grueso	2710 kg/m ³	0.3002 m ³	0.20%	0.70%	7.22	1379	1510	1/2 in	Agregado fino	2660 kg/m ³	0.3128 m ³	3.02%	2.30%	2.71	1537	1772	---	Volumen de pasta		0.3871 m ³							Volumen de agregados		0.6129 m ³						
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO	TMN																																																																																					
Cemento Sol Tipo I	3110 kg/m ³	0.1286 m ³																																																																																											
Agua	1000 kg/m ³	0.2280 m ³																																																																																											
Aire atrapado = 2.5%	---	0.0250 m ³																																																																																											
Grafito	2200 kg/m ³	0.0055 m ³																																																																																											
Aditivo	No aplica	0.0000 m ³																																																																																											
Agregado grueso	2710 kg/m ³	0.3002 m ³	0.20%	0.70%	7.22	1379	1510	1/2 in																																																																																					
Agregado fino	2660 kg/m ³	0.3128 m ³	3.02%	2.30%	2.71	1537	1772	---																																																																																					
Volumen de pasta		0.3871 m ³																																																																																											
Volumen de agregados		0.6129 m ³																																																																																											
10. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS Agregado grueso 49.0% = 0.3002 m ³ = 813 kg Agregado fino 51.0% = 0.3128 m ³ = 832 kg Agregado fino Reciclado 0.0% = 0.0000 m ³ = 0 kg Caucho 0.0% = 0.0000 m ³ = 0 kg		14. RESUMEN DE PROPORCIONES EN PESO <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMPONENTE</th> <th>PESO SECO</th> <th>PESO HÚMEDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Cemento Sol Tipo I</td><td>400 kg</td><td>400 kg</td></tr> <tr><td>Agua</td><td>228 L</td><td>228 L</td></tr> <tr><td>Aire atrapado = 2.5%</td><td>No aplica</td><td>No aplica</td></tr> <tr><td>Grafito</td><td>12.0 kg</td><td>12.0 kg</td></tr> <tr><td>Aditivo</td><td>0.0 kg</td><td>0.0 kg</td></tr> <tr><td>Agregado grueso</td><td>813 kg</td><td>815 kg</td></tr> <tr><td>Agregado fino</td><td>832 kg</td><td>857 kg</td></tr> <tr><td>Agregado fino Reciclado</td><td>0 kg</td><td>0 kg</td></tr> <tr><td>Caucho</td><td>0 kg</td><td>0 kg</td></tr> <tr><td>PUT</td><td>2310 kg</td><td></td></tr> </tbody> </table>		COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO	Cemento Sol Tipo I	400 kg	400 kg	Agua	228 L	228 L	Aire atrapado = 2.5%	No aplica	No aplica	Grafito	12.0 kg	12.0 kg	Aditivo	0.0 kg	0.0 kg	Agregado grueso	813 kg	815 kg	Agregado fino	832 kg	857 kg	Agregado fino Reciclado	0 kg	0 kg	Caucho	0 kg	0 kg	PUT	2310 kg																																																										
COMPONENTE	PESO SECO	PESO HÚMEDO																																																																																											
Cemento Sol Tipo I	400 kg	400 kg																																																																																											
Agua	228 L	228 L																																																																																											
Aire atrapado = 2.5%	No aplica	No aplica																																																																																											
Grafito	12.0 kg	12.0 kg																																																																																											
Aditivo	0.0 kg	0.0 kg																																																																																											
Agregado grueso	813 kg	815 kg																																																																																											
Agregado fino	832 kg	857 kg																																																																																											
Agregado fino Reciclado	0 kg	0 kg																																																																																											
Caucho	0 kg	0 kg																																																																																											
PUT	2310 kg																																																																																												
11. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD Agregado grueso 815 kg Agregado fino 857 kg Agregado fino Reciclado 0 kg Caucho 0 kg		15. TANDA DE PRUEBA MÍNIMA <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMPONENTE</th> <th>PESO HÚMEDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Cemento Sol Tipo I</td><td>20.4 kg</td></tr> <tr><td>Agua</td><td>11.53L</td></tr> <tr><td>Aire atrapado = 2.5%</td><td>0 kg</td></tr> <tr><td>Grafito</td><td>612g</td></tr> <tr><td>Aditivo</td><td>0 g</td></tr> <tr><td>Agregado grueso</td><td>41.567 kg</td></tr> <tr><td>Agregado fino</td><td>43.713 kg</td></tr> <tr><td>Agregado fino Reciclado</td><td>0 kg</td></tr> <tr><td>Caucho</td><td>0 kg</td></tr> <tr><td>Slump obtenido</td><td>3 1/2"</td></tr> </tbody> </table>		COMPONENTE	PESO HÚMEDO	Cemento Sol Tipo I	20.4 kg	Agua	11.53L	Aire atrapado = 2.5%	0 kg	Grafito	612g	Aditivo	0 g	Agregado grueso	41.567 kg	Agregado fino	43.713 kg	Agregado fino Reciclado	0 kg	Caucho	0 kg	Slump obtenido	3 1/2"																																																																				
COMPONENTE	PESO HÚMEDO																																																																																												
Cemento Sol Tipo I	20.4 kg																																																																																												
Agua	11.53L																																																																																												
Aire atrapado = 2.5%	0 kg																																																																																												
Grafito	612g																																																																																												
Aditivo	0 g																																																																																												
Agregado grueso	41.567 kg																																																																																												
Agregado fino	43.713 kg																																																																																												
Agregado fino Reciclado	0 kg																																																																																												
Caucho	0 kg																																																																																												
Slump obtenido	3 1/2"																																																																																												
12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD Agua 226 L																																																																																													
13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA CEM A.F. A.G. AGUA 1 : 2.1 : 2.2 : 24.0 L																																																																																													
OBSERVACIONES: * Muestras provistas e identificadas por el solicitante. * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de INGENIOCONTROL. * Los valores presentados en el presente diseño pueden variar ligeramente en obra por cambios en la granulometría del agregado, correcciones por humedad y absorción, la limpieza de los agregados, el cambio de tipo de cemento y/o proporción de aditivo.																																																																																													
INGEOCONTROL SAC																																																																																													
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM																																																																																											
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:																																																																																											
	 Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.																																																																																											

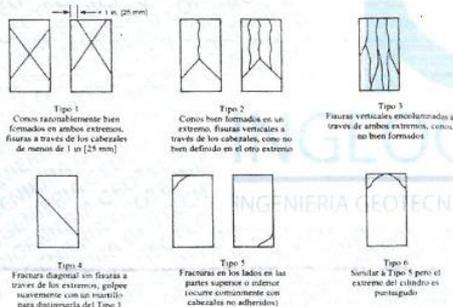
Anexo 11

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón (7 días)

	INFORME	Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1
PROYECTO	Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto $F_c=210 \text{ kg/cm}^2$ a fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto.	REGISTRO N°	IGC20-LEM-180-13
SOLICITANTE	José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta	REALIZADO POR :	R. Leyva
ENTIDAD	Universidad San Martín de Porres	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	Lima 2020	FECHA DE ENSAYO :	21/7/2020
FECHA DE EMISIÓN	31/07/2020	TURNO	Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido		
Presentación	Especímenes cilíndricos "6 x 12"		
Fc de diseño	210 kg/cm ²		

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C39/C39M-18

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	% Fc
Patron	14/7/2020	21/7/2020	7	15.22	30.13	5	1.98	37291.2	205 kg/cm ²	73.2%
Patron	14/7/2020	21/7/2020	7	15.24	30.10	4	1.98	35847.5	197 kg/cm ²	70.2%
Grafito 2%	14/7/2020	21/7/2020	7	15.24	30.20	6	1.98	36541.8	200 kg/cm ²	71.5%
Grafito 2%	14/7/2020	21/7/2020	7	15.23	30.11	4	1.98	37505.3	206 kg/cm ²	73.5%
Grafito 2.5%	14/7/2020	21/7/2020	7	15.26	30.12	5	1.97	37179.0	203 kg/cm ²	72.6%
Grafito 2.5%	14/7/2020	21/7/2020	7	15.25	30.11	4	1.97	37865.5	207 kg/cm ²	74.0%
Grafito 3%	14/7/2020	21/7/2020	7	15.24	30.20	4	1.98	38973.5	214 kg/cm ²	76.3%
Grafito 3%	14/7/2020	21/7/2020	7	15.23	30.13	5	1.98	37805.6	208 kg/cm ²	74.1%



8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11.

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^a of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. [150 by 300 mm] Laboratory conditions Field conditions	2.4 % 2.9 %	6.6 % 8.0 %	7.8 % 9.5 %
4 by 8 in. [100 by 200 mm] Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

Fuente: ASTM C39

FIG. 2 Esquema de los Modelos de Fractura Típicos

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 Noemí C. Sanchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Anexo 12

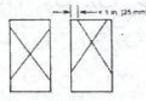
Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón (14 días)

	INFORME	Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

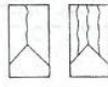
PROYECTO	: Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ a fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto.	REGISTRO N°:	IGC20-LEM-180-15
SOLICITANTE	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Bellarta	REALIZADO POR :	R. Layva
ENTIDAD	: Universidad San Martín de Porres	REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima 2020	FECHA DE ENSAYO :	28/7/2020
FECHA DE EMISIÓN	: 31/07/2020	TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido		
Presentación	: Especímenes cilíndricos "6 x 12"		
F'c de diseño	: 210 kg/cm ²		

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C39/C39M-18

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	% F'c
Patron	14/7/2020	28/7/2020	14	14.80	30.00	5	2.03	43888.7	255 kg/cm ²	91.1%
Patron	14/7/2020	28/7/2020	14	14.97	30.00	5	2.00	45591.7	259 kg/cm ²	92.5%
Grafito 2%	14/7/2020	28/7/2020	14	14.94	30.00	4	2.01	45947.6	262 kg/cm ²	93.4%
Grafito 2%	14/7/2020	28/7/2020	14	15.00	30.00	3	2.00	45987.2	260 kg/cm ²	92.9%
Grafito 2.5%	14/7/2020	28/7/2020	14	15.02	30.00	4	2.00	47325.8	267 kg/cm ²	95.4%
Grafito 2.5%	14/7/2020	28/7/2020	14	14.97	30.00	4	2.00	46429.2	264 kg/cm ²	94.2%
Grafito 3%	14/7/2020	28/7/2020	14	15.05	30.00	4	1.99	49021.8	276 kg/cm ²	98.4%
Grafito 3%	14/7/2020	28/7/2020	14	15.01	30.00	3	2.00	48059.1	272 kg/cm ²	97.0%



Tipo 1
Conos rascablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25 mm)



Tipo 2
Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definidos en el otro extremo



Tipo 3
Fisuras verticales enclavadas a través de ambos extremos, conos no bien formados

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.97

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39



Tipo 4
Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos, golpee suavemente con un martillo para distinguirla del Tipo 1



Tipo 5
Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos)



Tipo 6
Similar a Tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo

	Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^b of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in [150 by 300 mm] Laboratory conditions Field conditions	2.4 % 2.9 %	6.6 % 8.0 %	7.8 % 9.5 %
4 by 8 in [100 by 200 mm] Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

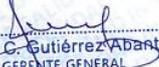
Fuente: ASTM C39

FIG. 1 Esquema de los Modos de Fractura Típicos

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD SAC	Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Adarzo GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD SAC

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

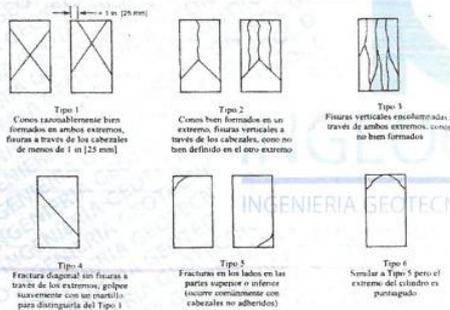
Anexo 13

Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón (28 días)

	INFORME		Código	AE-FO-101
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN		Versión	01
			Fecha	30-04-2016
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ a fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto.		REGISTRO N°	IGC20-LEM-180-17
SOLICITANTE	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta		REALIZADO POR	: R. Leyva
ENTIDAD	: Universidad San Martín de Porres		REVISADO POR	: J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima 2020		FECHA DE ENSAYO	: 11/8/2020
FECHA DE EMISIÓN	: 14 ago		TURNO	: Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Especímenes cilíndricos "6 x 12"			
F'c de diseño	: 210 kg/cm ²			

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C39/C39M-18

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (kg)	ESFUERZO	% F'c
Patron	14/7/2020	11/8/2020	28	15.01	30.00	5	2.00	51608.0	292 kg/cm ²	104.2%
Patron	14/7/2020	11/8/2020	28	15.00	30.00	5	2.00	50938.4	288 kg/cm ²	102.9%
Grafito 2%	14/7/2020	11/8/2020	28	15.00	30.00	3	2.00	51865.6	294 kg/cm ²	105.0%
Grafito 2%	14/7/2020	11/8/2020	28	15.02	30.00	4	2.00	51726.9	292 kg/cm ²	104.3%
Grafito 2.5%	14/7/2020	11/8/2020	28	15.02	30.00	5	2.00	52459.0	296 kg/cm ²	105.7%
Grafito 2.5%	14/7/2020	11/8/2020	28	15.01	30.00	5	2.00	52834.6	299 kg/cm ²	106.6%
Grafito 3%	14/7/2020	11/8/2020	28	15.04	30.00	4	1.99	53220.9	300 kg/cm ²	107.0%
Grafito 3%	14/7/2020	11/8/2020	28	15.04	30.00	4	1.99	54094.1	304 kg/cm ²	108.7%



8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table. Note 11:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^b of Individual Cylinder Strengths	
	2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. [150 by 300 mm] Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %
4 by 8 in. [100 by 200 mm] Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %

Fuente: ASTM C39

FIG. 2 Esquema de los Modelos de Fractura Típicos

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	QCQ - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

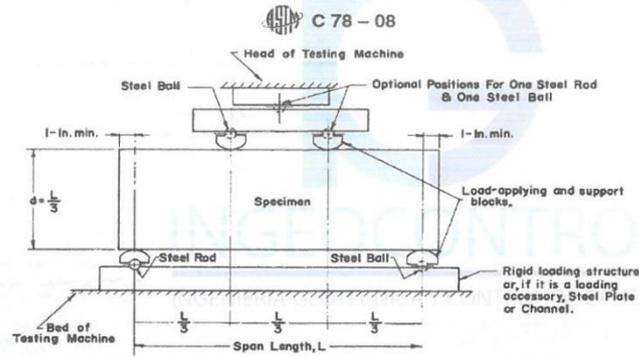
Anexo 14

Método de prueba estándar para la determinación del módulo de rotura del hormigón-concreto (7 días)

	INFORME		Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Uso del polvo de Graftito como aditivo en el concreto $f_c=210$ kg/cm ² a fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto.		REGISTRO N°: IGC20-LEM-180-14	
SOLICITANTE	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta		REALIZADO POR	: R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Universidad San Martín de Porres		REVISADO POR	: J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima 2020		FECHA DE ENSAYO	: 21/7/2020
FECHA DE EMISIÓN	: 31/07/2020		TURNO	: Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Prismas de concreto endurecido			
Fc de diseño	: 210 kg/cm ²			

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Patrón	14/7/2020	21/7/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	39 kg/cm ²
Patrón	14/7/2020	21/7/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	40 kg/cm ²
Graftito 2%	14/7/2020	21/7/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	40 kg/cm ²
Graftito 2%	14/7/2020	21/7/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	42 kg/cm ²
Graftito 2.5%	14/7/2020	21/7/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	42 kg/cm ²
Graftito 2.5%	14/7/2020	21/7/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	42 kg/cm ²
Graftito 3%	14/7/2020	21/7/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	43 kg/cm ²
Graftito 3%	14/7/2020	21/7/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	42 kg/cm ²



Fuente: ASTM C78

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGENCOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENCOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

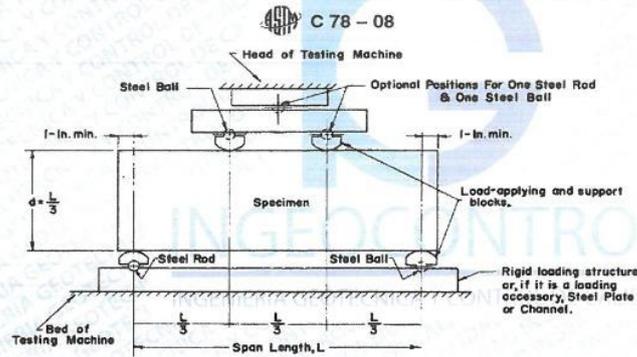
Anexo 15

Método de prueba estándar para la determinación del módulo de rotura del hormigón-concreto (14 días)

	INFORME		Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ a fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto.		REGISTRO N°:	IGC20-LEM-180-16
SOLICITANTE	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta		REALIZADO POR :	R. Leyva
CÓDIGO DE PROYECTO	: Universidad San Martín de Porres		REVISADO POR :	J. Gutiérrez
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima 2020		FECHA DE ENSAYO :	28/7/2020
FECHA DE EMISIÓN	: 31/07/2020		TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Prismas de concreto endurecido			
Fc de diseño	: 210 kg/cm^2			

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Patrón	14/7/2020	28/7/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	40 kg/cm ²
Patrón	14/7/2020	28/7/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	42 kg/cm ²
Grafito 2%	14/7/2020	28/7/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	42 kg/cm ²
Grafito 2%	14/7/2020	28/7/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	43 kg/cm ²
Grafito 2.5%	14/7/2020	28/7/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	43 kg/cm ²
Grafito 2.5%	14/7/2020	28/7/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	43 kg/cm ²
Grafito 3%	14/7/2020	28/7/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	48 kg/cm ²
Grafito 3%	14/7/2020	28/7/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	45 kg/cm ²



OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGENIOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL.

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO-LEM	JEFE-LEM	COC-LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.ingeocontrol.com/ / informes@ingeocontrol.com

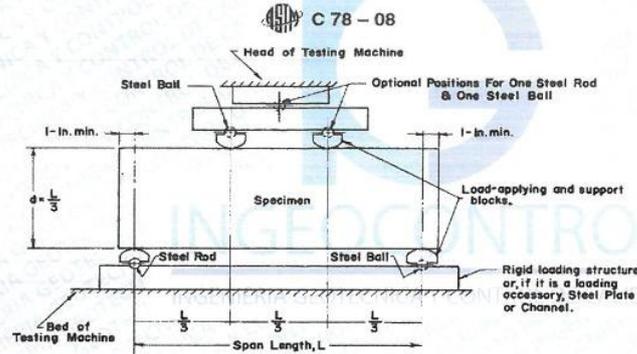
Anexo 16

Método de prueba estándar para la determinación del módulo de rotura del hormigón-concreto (28 días)

	INFORME		Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	1 de 1
PROYECTO	: Uso del polvo de Grafito como aditivo en el concreto $f'c=210$ kg/cm ² a fin de mejorar las propiedades mecánicas del concreto.	REGISTRO N°:	IGC20-LEM-180-18	
SOLICITANTE	: José Daniel Alvarado Romero / Bryan Roque Ballarta	REALIZADO POR	: R. Leyva	
CÓDIGO DE PROYECTO	: Universidad San Martín de Porres	REVISADO POR	: J. Gutiérrez	
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Lima 2020	FECHA DE ENSAYO	: 11/8/2020	
FECHA DE EMISIÓN	: 31/07/2020	TURNO	: Diurno	
Tipo de muestra	: Concreto endurecido			
Presentación	: Prismas de concreto endurecido			
Fc de diseño	: 210 kg/cm ²			

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Patrón	14/7/2020	11/8/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	44 kg/cm ²
Patrón	14/7/2020	11/8/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	42 kg/cm ²
Grafito 2%	14/7/2020	11/8/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	45 kg/cm ²
Grafito 2%	14/7/2020	11/8/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	43 kg/cm ²
Grafito 2.5%	14/7/2020	11/8/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	46 kg/cm ²
Grafito 2.5%	14/7/2020	11/8/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	46 kg/cm ²
Grafito 3%	14/7/2020	11/8/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	52 kg/cm ²
Grafito 3%	14/7/2020	11/8/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	50 kg/cm ²



Fuente: ASTM C78

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de INGENIOCONTROL.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de INGENIOCONTROL.

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	COC - LEM
Nombre y Firma:	Nombre y Firma:	Nombre y Firma:
	 Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERA DE TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERÍA DE TÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

Mz. A Lote 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - San Martín de Porres - Lima
 Teléfono: (01) 685-3852 Cel.: 924 513 299 / 924 149 819 / 946 546 488
www.ingeocontrol.com / informes@ingeocontrol.com

Anexo 17

Ficha técnica de grafito (electro grafito)

GERKEN S.A.

Technical Information

CALIDAD: **E3 Electrografito**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Densidad Aparente:	1,69 g/cm ³
Resistencia a la flexión:	21 MPa
Dureza Shore	30
Densidad de corriente:	12 A/cm ²
Velocidad periférica:	45 m/s
Caída de Contacto:	1.5-2 V
Coefficiente de fricción:	Menos de 0.10
Resistencia específica (microhm x cm):	1100

USOS RECOMENDADOS

Generadores

Turbogeneradores con anillos rozantes de acero, cobre o bronce.

Motores para laminación

Excitatrices

Motores auxiliares en laminación

GERKEN SA, Zoning Industriel de Petit-Rechain, avenue du Parc 31 Z, 4300 Verviers
Belgium, Phone: ++32 (0) 87-394900, Fax: ++32 (0) 87-310374, e-mail: gerken.europe@skynet.be
website: www.gerkeneurope.com

Anexo 18
Certificado de grafito (certificado pantrac)

PanTrac

member of
www.e-carbon.net



DQS zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2000
DIN EN ISO 14001:2005
OHSAS 18001:1999
Reg.Nr.: 066754

PanTrac GmbH, Vulkanstraße 13, D-

CARBON Y GRAFITO INDUSTRIAL SAC
Lima Peru

Sr. Rodolfo Cano J.
Gerente Comercial

Lima

PERU

■ PanTrac GmbH
Vulkanstraße 13
D- 10367 Berlin
Germany

■ Phone +49 (030) 55497 123
Fax 1 +49 (030) 55497 33 123
Fax 2 +49 (030) 55497 301
denis.kasse@pantrac.de
www.pantrac.com

Berlin, 02.06.17

Dear Sirs,

ENVIRONMENTAL PROTECTION REGULATIONS AND ACTIONS

we hereby confirm, that all materials of carbon graphite, manufactured by SGL Carbon Ringsdorff® and distributed exclusively by E-Carbon, in this matter by PanTrac GmbH, Germany, and Carbomet sac, Peru, are subject to strict European Union Environmental Protection laws and regulations.

We further declare, that there are not poisonous or polluting ingredients in our carbon graphite products. Please find attached our related certification regarding environmental protection actions certified to be obeyed at PanTrac GmbH.

Kind regards,

Denis Kasse
Sales Blanks - PanTrac

■ Corporate seat: Berlin-Lichtenberg

■ Managing Director
Helmut Pinger

■ Commercial register: Amtsgericht: Charlottenburg
HRB 62328

Anexo 19
ISO del grafito



C E R T I F I C A T E

DQS GmbH

Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen

hereby certifies that the company

PanTrac

PanTrac GmbH

Vulkanstraße 13
10367 Berlin
Germany

for the scope

Development, manufacturing and sales of carbon brushes, pantograph carbons
and industrial current collector systems and sales of semi-finished products for electrical applications

has implemented and maintains a

Quality and Environmental Management System.

Audits, documented in a report, have verified that this
management system fulfills the requirements of the following standards:

DIN EN ISO 9001 : 2000

December 2000 edition

EN ISO 14001 : 2004

November 2004 edition

This certificate is valid until 2008-02-14

Certificate Registration No. 066754 QM

Frankfurt am Main 2005-02-15

Ass. iur. M. Drechsel

MANAGING DIRECTORS

Dipl.-Ing. S. Heinloth



D-60433 Frankfurt am Main, August-Schanz-Straße 21



Anexo 20

Certificado de calibración de la balanza electrónica



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LM - 065 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

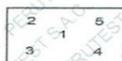
AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	21.7 °C	21.8 °C

Medición N°	Carga L1 = 15,000 g			Carga L2 = 30,000 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	14,999	0.3	-0.8	29,999	0.3	-0.8
2	14,999	0.2	-0.7	30,000	0.5	0.0
3	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.4	0.1
4	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.5	0.0
5	15,000	0.5	0.0	29,999	0.3	-0.8
6	15,000	0.4	0.1	30,000	0.5	0.0
7	15,000	0.8	-0.3	30,000	0.4	0.1
8	14,999	0.2	-0.7	30,000	0.6	-0.1
9	15,000	0.6	-0.1	30,001	0.7	0.8
10	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.6	-0.1
	Diferencia Máxima -0.9			Diferencia Máxima 1.6		
	Error Máximo Permissible ± 2.0			Error Máximo Permissible ± 3.0		

ENSAYO DE EXCENRICIDAD



Posición
de las
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21.8 °C	21.8 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1		10	0.4	0.1		10,000	0.6	-0.1	-0.2
2		9	0.3	-0.8		10,000	0.6	-0.1	0.7
3	10 g	11	-0.9	0.6	10,000	9,999	0.2	-0.7	-1.3
4		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1
5		10	0.3	0.2		10,000	0.6	-0.1	-0.3
	Error máximo permisible ± 2.0								

* Valor entre 0 y 10e



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
 E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 065 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI, Tercera Edición.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.7 °C	21.8 °C
Humedad Relativa	72 %	72 %

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROIL	JUEGO DE PESAS 5 kg - 10 kg - 20 kg (Clase de Exactitud: M2)	M-0882-2019
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 kg a 5 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0883-2019
METROIL	JUEGO DE PESAS 1 mg a 1 kg (Clase de Exactitud: F1)	M-0884-2019
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1695-2019

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (**) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 065 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0386-2020	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	
3. Dirección	MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	30000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	1 g	
Clase de exactitud	II	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Marca	OHAUS	
Modelo	R21P30	
Número de Serie	20200-2	
Capacidad mínima	20 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	LS-04	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2020-03-05	

Fecha de Emisión

2020-03-06

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 065 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	21.8 °C	21.8 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10	10	0.8	-0.3						
20	20	0.6	-0.1	0.2	20	0.7	-0.2	0.1	1.0
100	100	0.6	-0.1	0.2	100	0.6	-0.1	0.2	1.0
500	500	0.5	0.0	0.3	500	0.6	-0.1	0.2	1.0
1,000	1,000	0.6	-0.1	0.2	1,000	0.8	-0.3	0.0	1.0
5,000	5,000	0.7	-0.2	0.1	5,000	0.4	0.1	0.4	2.0
10,000	10,000	0.5	0.0	0.3	10,000	0.6	-0.1	0.2	2.0
15,000	14,999	0.3	-0.8	-0.5	15,000	0.5	0.0	0.3	2.0
20,000	19,999	0.2	-0.7	-0.4	19,999	0.3	-0.8	-0.5	3.0
25,000	24,999	0.3	-0.8	-0.5	24,999	0.2	-0.7	-0.4	3.0
30,000	30,000	0.6	-0.1	0.2	30,000	0.5	0.0	0.3	3.0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.

ΔL: Carga adicional.

E_c: Error en cero.

l: Indicación de la balanza.

E: Error encontrado

E_c: Error corregido.



Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0.4306667 \text{ g}^2 + 0.0000000131 \text{ g}^2)}$$

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 0.0000091 R$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224
 E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

Anexo 21

Certificado de calibración del horno



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LT - 026 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 5

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	115.7	13.5
Mínima Temperatura Medida	104.0	0.0
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.6	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	11.3	13.7
Estabilidad Medida (±)	0.8	0.04
Uniformidad Medida	11.7	13.7

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
- T.MAX : Temperatura máxima.
- T.MIN : Temperatura mínima.
- DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0.06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo SI CUMPLE con los límites especificados de temperatura.



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
 Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
 Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
 E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 026 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 5

11. Resultados de Medición

Temperatura ambiental promedio 21 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo 2 horas
El controlador se seteo en 110

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T _{prom} (°C)	T _{max} -T _{min} (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	106.9	107.1	111.0	115.1	112.4	104.2	109.0	112.4	112.4	109.7	110.0	10.9
02	110.0	107.3	107.1	109.7	115.7	113.0	104.0	108.6	113.0	113.0	109.2	110.1	11.7
04	110.0	107.0	106.9	111.3	115.4	112.6	104.2	108.6	112.6	112.6	109.6	110.1	11.2
06	110.0	107.4	107.0	110.5	115.3	112.6	104.0	108.6	112.4	112.6	109.7	110.0	11.3
08	110.0	106.9	107.1	111.0	115.1	112.4	104.0	109.0	113.0	112.4	109.7	110.1	11.4
10	110.0	107.3	107.0	109.7	115.7	113.0	104.1	108.6	112.6	113.0	109.6	110.1	11.6
12	110.0	107.0	107.1	111.0	115.4	112.6	104.0	108.6	112.6	112.6	109.7	110.1	11.4
14	110.0	107.4	106.9	109.7	115.3	112.6	104.1	109.0	113.0	112.6	109.7	110.0	11.2
16	110.0	106.9	107.0	111.3	115.1	112.4	104.2	108.6	112.6	112.4	109.6	110.0	10.9
18	110.0	107.3	107.1	110.5	115.7	113.0	104.0	109.0	113.0	113.0	109.7	110.2	11.7
20	110.0	107.0	107.1	111.3	115.4	112.6	104.2	108.6	112.6	112.6	109.7	110.1	11.2
22	110.0	107.4	107.1	110.5	115.3	112.6	104.0	108.6	112.6	112.6	109.6	110.0	11.1
24	110.0	106.9	106.9	111.0	115.7	112.6	104.2	108.6	113.0	112.6	109.7	110.1	11.5
26	110.0	107.3	107.0	109.7	115.4	112.4	104.0	108.6	112.4	112.4	109.7	109.9	11.4
28	110.0	106.9	106.9	111.3	115.3	113.0	104.2	108.6	113.0	113.0	109.6	110.2	11.1
30	110.0	107.3	107.0	110.5	115.4	112.4	104.0	109.0	112.4	112.4	109.7	110.0	11.4
32	110.0	107.0	107.1	111.0	115.3	113.0	104.0	108.6	113.0	113.0	109.7	110.2	11.3
34	110.0	107.4	107.0	109.7	115.1	112.6	104.0	109.0	112.6	112.6	109.6	110.0	11.1
36	110.0	107.4	107.1	111.3	115.7	112.6	104.2	108.6	112.6	112.6	109.7	110.2	11.5
38	110.0	106.9	107.1	110.5	115.1	113.0	104.0	108.6	113.0	113.0	109.7	110.1	11.4
40	110.0	107.3	106.9	111.0	115.7	112.6	104.0	109.0	112.6	112.6	109.6	110.1	11.7
42	110.0	107.0	107.0	109.7	115.4	112.4	104.2	108.6	112.6	112.4	109.7	109.9	11.2
44	110.0	107.4	107.0	111.0	115.3	113.0	104.0	108.6	112.4	113.0	109.7	110.1	11.3
46	110.0	106.9	107.1	109.7	115.1	112.6	104.2	108.6	113.0	112.6	109.6	109.9	10.9
48	110.0	107.3	107.1	111.3	115.7	112.6	104.1	109.0	112.6	112.6	109.7	110.2	11.6
50	110.0	106.9	106.9	110.5	115.4	112.4	104.2	108.6	113.0	112.4	109.7	110.0	11.2
52	110.0	107.0	107.0	111.3	115.3	113.0	104.0	108.6	112.6	113.0	109.6	110.1	11.3
54	110.0	107.4	107.1	111.0	115.1	112.6	104.0	108.6	113.0	112.6	109.6	110.1	11.1
56	110.0	106.9	107.1	109.7	115.7	112.6	104.0	108.6	112.6	112.6	109.7	109.9	11.7
58	110.0	107.3	106.9	111.3	115.4	113.0	104.2	109.0	112.6	113.0	109.7	110.2	11.2
60	110.0	106.9	107.0	110.5	115.3	112.6	104.0	108.6	113.0	112.6	109.6	110.0	11.3
T.PROM	110.0	107.1	107.0	110.6	115.4	112.7	104.1	108.7	112.7	112.7	109.7	110.1	
T.MAX	110.0	107.4	107.1	111.3	115.7	113.0	104.2	109.0	113.0	113.0	109.7		
T.MIN	110.0	106.9	106.9	109.7	115.1	112.4	104.0	108.6	112.4	112.4	109.6		
DTI	0.0	0.5	0.2	1.6	0.6	0.6	0.2	0.4	0.6	0.6	0.1		



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 026 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 5

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90), se consideró como referencia el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018, 2da edición, Junio 2009, del SNM-INDECOPI.

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

MZA. A LOTE, 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRES

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22.5	22.5
Humedad Relativa	63 %	63 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
SAT - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-014	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO T - DIGISENSE	LT-1268-2019
METROIL - LABORATORIO ACREDITADO REGISTRO: LC-001	THERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO MODELO: HTC-8	T-1695-2019

10. Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.

(*) Código indicado en una etiqueta adherido al equipo.

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACION, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACION

PT - LT - 026 - 2020

Area de Metrologia
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente 0386-2020
2. Solicitante INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
3. Dirección MZA. A LOTE 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
4. Equipo HORNO
- Alcance Máximo 300 °C
- Marca PERUTEST
- Modelo PT-H76
- Número de Serie 0135
- Procedencia PERÚ
- Identificación NO INDICA
- Ubicación NO INDICA

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	-30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMOMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2020-06-17

Fecha de Emisión
2020-06-17

Jefe del Laboratorio de Metrologia Sello

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

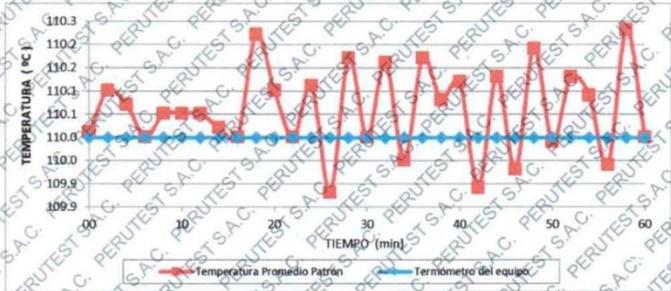
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 026 - 2020

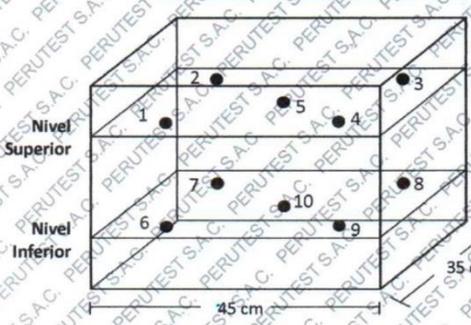
Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 5

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$



DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 9 cm de las paredes laterales y a 9 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe

Anexo 22

Certificado de calibración de la prensa

AM3

AM3 Ingeniería & Negocios SAC

RUC : 20513903261
 Dirección : AV. Nicolás Ayllón 8510 Edif. 9 Of. 804, Lima
 - Lima - Ate
 Código Postal : Lima 03
 Teléfono : 511-679 8002
 Email : soportetecnico@am3.com.pe

N° de certificado:	22072020-05
Fecha de emisión:	22/07/2020

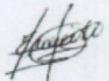
DATOS DEL CLIENTE

Razón Social : INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
 RUC : 20602979190
 Dirección : MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

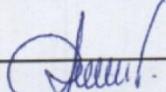
Equipo : Máquina de Compresión Accu-Tek Touch Control PRO 250
 Marca : ELE International
 Modelo Marco de Carga : 36-0690/06
 N° de Serie Marco de Carga : 180300131
 Capacidad : 1112 KN
 División de Escala : 0.1 KN
 N° de Serie Panel de Lectura : 1939-1-10045
 Procedencia : USA
 Patrón de Trabajo : Celda ELE International Tipo: CCDHA-2000 KN-004-000, N° de Serie: 56638, Capacidad: 2000 KN, trazable al HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, Certificado de Calibración INF-LE 013-20.

Método de Verificación : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"
 Método C

Temp. Inicial (°C) : 18 H.R. Inicial (%) : 74
 Temp. Final (°C) : 18 H.R. Final (%) : 69
 Fecha de Verificación : 21/07/2020
 Lugar de Verificación : Mza. A Lote. 24 Int. 1 Urb. Mayorazgo Naranjal 2da Etapa Lima - Lima - San Martín de Porres
 N° de Páginas : 2



HECHO POR
Emilio Malca



ALDO MARCO
 MUCHA MALLAUPOMA
 Ingeniero Civil
 CIP N° 234122
 REVISADO POR



Este certificado de verificación solo puede ser difundido sin alteraciones posterior a la autorización asignada por AM3 Ingeniería & Negocios S.A.C.
 Este certificado de verificación sin firma y sello carece de validez.

RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Lectura de Celda (patrón)	Lectura del Equipo				Error	Incertidumbre
	LP	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3		
(KN)	(KN)	(KN)	(KN)	(KN)	(%)	U (%)
100	100.20	100.10	100.30	100.20	0.20	0.1
200	200.20	200.20	200.90	200.43	0.22	0.1
300	300.60	300.60	301.30	300.83	0.28	0.1
400	400.70	400.50	401.70	400.97	0.24	0.1
500	499.20	500.70	501.80	500.57	0.11	0.1
600	600.90	600.10	601.70	600.90	0.15	0.1
700	700.30	700.90	702.00	701.07	0.15	0.1
800	800.80	800.60	802.50	801.30	0.16	0.1
900	901.00	900.80	902.50	901.43	0.16	0.1
1000	1001.00	1001.00	1004.00	1002.00	0.20	0.1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de Medición, para un factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición".

Observaciones / Indicaciones

El usuario debe calibrar el equipo en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación al que esté expuesto

El equipo se encuentra calibrado y no necesita corrección alguna, ya que el error no supera el +/- 1% en todo el rango verificado.

Procedimiento de ensayos de laboratorio

Cuarteo de agregados gruesos



La finalidad de este proceso fue obtener una muestra representativa del agregado grueso para hacer ensayos. El agregado grueso se distribuyó de forma uniforme en una superficie plana, se colocó de manera vertical y se fue formando en forma de cono, se aplanó y se cuarteó hasta obtener una muestra representativa. Se escogió dos muestras de las cuatro que se separaron.

Cuarteo de agregados finos



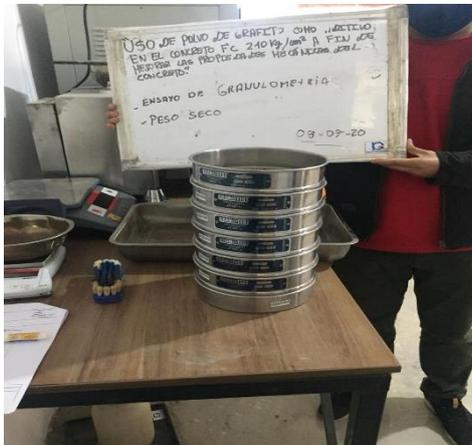
Su finalidad fue obtener una muestra representativa del agregado fino para hacer ensayos. El agregado fino se distribuyó de forma uniforme en un cuarteador, y este se distribuye de manera uniforme en dos recipientes. Se repitió hasta obtener una muestra representativa para hacer los ensayos que se requirieron.

Análisis granulométrico de agregados gruesos



Este ensayo tuvo la finalidad de obtener la gradación del material (agregado grueso y agregado fino). Se realizó con la muestra obtenida del cuarteo que pasó por las mallas de los tamices con diferentes tamaños de abertura, desde los tamices de abertura mayor hasta los de menor tamaño. Las muestras que quedaron retenidas en los tamices fueron pesadas en una balanza que debe estar calibrado y así poder registrarlas en las hojas de cálculo.

Análisis granulométrico agregados finos



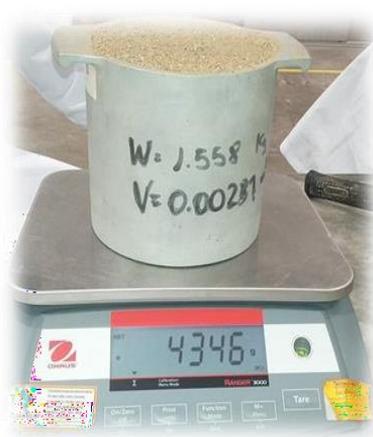
Este ensayo tuvo la finalidad de obtener la gradación del material (agregado grueso y agregado fino). Se realizó con la muestra obtenida del cuarteo que pasó por las mallas de los tamices con diferentes tamaños de abertura, desde los tamices de abertura mayor hasta los de menor tamaño. Las muestras se quedaron retenidas en los tamices fueron pesadas en una balanza que debe estar calibrado y así poder registrarlas en las hojas de cálculo.

Ensayo para la obtención de pesos específicos (agregados gruesos)



La finalidad de este ensayo fue obtener los pesos unitarios y vacíos. Se realizó de dos maneras. La primera consistió en obtener los pesos unitarios a partir de muestras vertidas en la olla Washington en tres capas, cuyos resultados fueron pesados. La segunda consistió en obtener la relación de vacíos; se realizó de igual manera, pero al verter las capas, se compactó con 25 golpes de una varilla; finalmente, este peso se restó del primero y se obtuvo los vacíos.

Ensayo para la obtención de pesos específicos (agregados finos)



El proceso se repite para los agregados finos con la finalidad de obtener los pesos unitarios y vacíos. Se realizó de dos maneras. Con la primera se obtuvo los pesos unitarios, para lo las muestras se vertieron en la olla Washington en tres capas y luego fueron pesadas. En la segunda, se realizó de igual manera, pero al verter las capas estos se compactarán con una varilla, capa con 25 golpes; luego se pesó y, finalmente, este peso se restó primero y se obtuvo los vacíos.

Diseño de mezcla para la mezcla patrón, con 2%, 2.5% y 3% de polvo de grafito según lo que se obtuvo en gabinete.



La mezcla se realizó con los datos obtenidos previamente en las hojas de cálculo del laboratorio. En las imágenes se ve las fotografías del proceso de la mezcla para obtener el *Slump*, y luego colocarlas en los moldes de las probetas y de las vigas.

Prueba de *Slump* para los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4



Se realizó 2 pruebas para obtener el revenimiento de los diseños de mezcla: patrón, con 2% de polvo de grafito, con 2.5% de polvo de grafito y con 3% de polvo de grafito (que reemplazan a los agregados).

Colocación de las mezclas 1, 2, 3 y 4 en los moldes de probetas



Luego de la mezcla y la obtención del *Slump*, el concreto fresco se vertió en los moldes de probetas (2 por cada diseño) para 7, 14 y 28 días de edad para la rotura de probetas. Además, se les colocó el nombre con un código a cada una de ellas para poder diferenciarlas de las otras.

Colocación de las mezclas 1.2.3 y 4 en los moldes para vigas



Y de igual manera se confeccionó dos vigas para cada diseño de mezcla (7, 14 y 28 días de edad). Además, se les asignó código, nombre y fecha para poder diferenciarlas de las otras.

Rotura de probetas y vigas de los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 a los 7 días



La finalidad del ensayo de Resistencia a compresión se procede a realizarse colocando las probetas en los equipos de compresión, se las comprime colocándoles una carga axial. De igual manera esto se realiza con las vigas, pero se le coloca una carga las tercias del tramo de la longitud de las vigas.

Rotura de Probetas y Vigas de los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 a los 7 días



Para el ensayo de resistencia a compresión se colocó las probetas en los equipos de compresión y se las comprimió con una carga axial. De igual manera se realizó con las vigas, pero se le colocó como carga las tercias del tramo de la longitud de las vigas.

Rotura de probetas y vigas de los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 a los 14 días



La finalidad del ensayo de Resistencia a compresión se procede a realizarse colocando las probetas en los equipos de compresión, se las comprime colocándoles una carga axial. De igual manera esto se realizó con las vigas, pero se le coloca una carga las tercias del tramo de la longitud de las vigas.

Rotura de probetas y vigas de los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 a los 14 días



Para el ensayo de resistencia a compresión se colocó las probetas en los equipos de compresión y se las comprimió con una carga axial. De igual manera se realizó con las vigas, pero se les colocó como carga las tercias del tramo de la longitud de las vigas.

Rotura de probetas y vigas de los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 a los 28 días



Para el ensayo de resistencia a compresión se colocó las probetas en los equipos de compresión y se las comprimió con una carga axial. De igual manera, esto se realizó con las vigas, pero se le colocó como carga las tercias del tramo de la longitud de las vigas.

Rotura de probetas y vigas de los diseños de mezcla 1, 2, 3 y 4 a los 28 días



Para el ensayo de resistencia a compresión se colocó las probetas en los equipos de compresión y se las comprimió con una carga axial. De igual manera, esto se realizó con las vigas, pero se les colocó como carga las tercias del tramo de la longitud de las vigas.