

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS:

**INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES
FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'C = 210$
KG/CM²**

Presentado por:

Bach. PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL

Línea de Investigación Institucional:

NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2023

FALSA PORTADA

ASESOR

ING. RANDO PORRAS OLARTE.

DEDICATORIA

A mi amado Dios, todo poderoso, que me dio la vida y me protege desde el cielo.

A mis padres, Rosana Pilar Mayta Jurado y Claudio Julián Paredes Flores, las personas más importantes en mi vida a quienes admiro, respeto y amo con todo mi corazón. Todo lo que soy y todo lo que tengo se lo debo a ellos.

A mis queridos hermanos, Dayeli Dennis Paredes Mayta y Dilan Julián Paredes Mayta, que dan sentido y alegría a mi vida.

A mi querida Hija, Bianca Pilar Paredes Martínez, mi mayor tesoro y la más grande creación de mi vida, espero siempre ser tu guía y la fuerza que necesitas en esta vida.

A toda mi hermosa familia, mi esposa, abuelos, abuelas, tíos, tías, primos y primas, a quienes llevo en lo más profundo de mi corazón.

Bach. Luis Ángel Paredes Mayta

AGRADECIMIENTO

A Dios, por concederme la oportunidad de culminar esta importante etapa profesional. Gracias, Dios mío, por poner en mi camino a las personas correctas para poder realizar este trabajo de investigación.

A mis padres, Rosana Pilar Mayta Jurado y Claudio Julián Paredes Flores, por su apoyo incondicional, cariño y su energía positiva, que me han brindado para el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mis hermanos, Dayeli Dennis Paredes Mayta y Dilan Julián Paredes Mayta, por ser un apoyo silencioso pero importante en cada día de mi vida.

A mi esposa e hija, Maura Martínez Pino y Bianca Pilar Paredes Martínez, por su apoyo brindado, estuvieron a mi lado en los momentos y situaciones más tormentosas. No fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo, siempre fueron mi motivación para lograrlo.

A mi Asesor, el Ing. Rando Porras Olarte, por su apoyo en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A la Universidad Peruana Los Andes y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por hacer realidad este sueño profesional.

Bach. Luis Ángel Paredes Mayta



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 327

Que, el (la) bachiller: Bachilleres, **LUIS ANGEL, PAREDES MAYTA**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada: **“INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F’C = 210 KG/CM²”**,, la misma que cuenta con **182 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **28%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 17 de Octubre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA

PRESIDENTE

MG. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL

JURADO

ING. CARLOS ALBERTO GONZALES ROJAS

JURADO

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA

JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA

SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	v
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación y sistematización del problema	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.3 Justificación	3
1.3.1 Práctica o social	3
1.3.2 Científica o teórica.....	3
1.3.3 Metodológica	4
1.4 Delimitaciones	4
1.4.1 Espacial.....	4
1.4.2 Temporal.....	4
1.4.3 Económica	4
1.5 Limitaciones.....	5
1.6 Objetivos.....	5
1.6.1 Objetivo general.....	5
1.6.2 Objetivos específicos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6

2.1 Antecedentes	6
2.1.1 Antecedentes internacionales	6
2.2 Marco conceptual.....	15
2.2.1 El concreto	15
2.2.2 Grafeno	23
2.3 Definición de términos.....	25
2.4 Hipótesis	26
2.4.1 Hipótesis general.....	26
2.4.2 Hipótesis específicas	26
2.5 Variables	26
2.5.1 Definición conceptual de la variable	26
2.5.2 Definición operacional de la variable	27
2.5.3 Operacionalización de la variable.....	28
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	29
3.1 Método de investigación.....	29
3.2 Tipo de investigación.....	29
3.3 Nivel de investigación	30
3.4 Diseño de la investigación	30
3.5 Población y muestra.....	30
3.5.1 Población	30
3.5.2 Muestra	32
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.6.1 Recolección de datos	33
3.6.2 Técnicas de recolección	34
3.6.3 Instrumentos de recolección	34
3.7 Procesamiento de la información.....	34
3.7.1 Obtención de los agregados	34

3.7.2 Importación del grafeno.....	34
3.7.3 Ensayo de calidad de los agregados.....	35
3.7.4 Diseño de mezcla y ensayos al concreto.....	40
3.8 Técnicas y análisis de datos	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	43
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	105
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES.....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXOS	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Resistencia a compresión requerida con desviación estándar	20
Tabla 2.	Resistencia a compresión requerida sin desviación estándar	21
Tabla 3.	Operacionalización de la variable	28
Tabla 4.	Porcentaje de grafeno utilizado en cada grupo	31
Tabla 5.	Cantidad de ensayos a compresión	31
Tabla 6.	Cantidad de ensayos a tracción	32
Tabla 7.	Cantidad de ensayos a flexión	32
Tabla 8.	Análisis granulométrico del agregado fino	44
Tabla 9.	Análisis granulométrico del agregado grueso	46
Tabla 10.	Contenido de humedad del agregado grueso	47
Tabla 11.	Contenido de humedad del agregado fino	48
Tabla 12.	Peso unitario suelto del agregado fino	49
Tabla 13.	Peso unitario compactado del agregado fino	49
Tabla 14.	Peso unitario suelto del agregado grueso	50
Tabla 15.	Peso unitario compactado del agregado grueso	51
Tabla 16.	Peso específico y absorción del agregado fino	52
Tabla 17.	Datos P.E y absorción del agregado grueso	53
Tabla 18.	Resultados P.E y absorción del agregado grueso	54
Tabla 19.	Datos del estudio de los materiales	54
Tabla 20.	Dosificación con agregados en estado seco	55
Tabla 21.	Dosificación ajustada por humedad	56
Tabla 22.	Dosificación concreto patrón	57
Tabla 23.	Dosificación concreto grupo 1	57
Tabla 24.	Dosificación concreto grupo 2	58
Tabla 25.	Dosificación concreto grupo 3	58
Tabla 26.	Medida del asentamiento	60

Tabla 27.	Resistencia a compresión obtenida a los 7 días	62
Tabla 28.	Porcentajes de la resistencia a compresión a los 7 días	63
Tabla 29.	Resistencia a compresión obtenida a los 14 días	64
Tabla 30.	Porcentajes de la resistencia a compresión a los 14 días	66
Tabla 31.	Resistencia a compresión obtenida a los 28 días	67
Tabla 32.	Porcentajes de la resistencia a compresión a los 28 días	68
Tabla 33.	Resistencia a compresión obtenida a los 7, 14, y 28 días	69
Tabla 34.	Porcentajes de la resistencia a compresión del grupo patrón.....	71
Tabla 35.	Porcentajes de la resistencia a compresión del grupo 1 (G1).	72
Tabla 36.	Porcentajes de la resistencia a compresión del grupo 2 (G2)	73
Tabla 37.	Porcentajes de la resistencia a compresión del grupo 3 (G3)	74
Tabla 38.	Resultados de la prueba a tracción, a los 7 días	76
Tabla 39.	Porcentajes de la resistencia a tracción a los 7 días	77
Tabla 40.	Resultados de la prueba a tracción, a los 14 días	78
Tabla 41.	Porcentajes de la resistencia a tracción a los 14 días	80
Tabla 42.	Resultados de la prueba a tracción, a los 28 días	81
Tabla 43.	Resultados de la resistencia a tracción a los 28 días.....	82
Tabla 44.	Resistencia a tracción obtenida a los 7, 14, y 28 días.....	83
Tabla 45.	Resultados de la prueba a flexión en vigas, a los 7 días	86
Tabla 46.	Módulo de ruptura en porcentaje a los 7 días	87
Tabla 47.	Resultados de la prueba a flexión en vigas, a los 14 días	88
Tabla 48.	Módulo de ruptura en porcentaje a los 14 días	89
Tabla 49.	Resultados de la prueba a flexión en vigas, a los 28 días	91
Tabla 50.	Módulo de ruptura en porcentaje a los 28 días	92
Tabla 51.	Módulo de ruptura obtenido a los 7, 14, y 28 días.....	93
Tabla 52.	Prueba de Normalidad de los resultados a compresión.	95
Tabla 53.	Datos descriptivos generales de los resultados a compresión.....	96

Tabla 54.	ANOVA de los resultados a compresión.....	96
Tabla 55.	Tukey de los resultados a compresión.	97
Tabla 56.	Tukey subconjuntos de los resultados a compresión.....	98
Tabla 57.	Prueba de Normalidad de los resultados a tracción.	98
Tabla 58.	Datos descriptivos generales de los resultados a tracción.	99
Tabla 59.	ANOVA de los resultados a tracción.....	99
Tabla 60.	Tukey de los resultados a tracción.....	100
Tabla 61.	Tukey subconjuntos de los resultados a tracción.....	101
Tabla 62.	Prueba de Normalidad de los resultados del módulo de ruptura.	101
Tabla 63.	Datos descriptivos generales de los resultados del módulo de ruptura...	102
Tabla 64.	ANOVA de los resultados del módulo de ruptura.....	102
Tabla 65.	Tukey de los resultados del módulo de ruptura.	103
Tabla 66.	Tukey subconjuntos de los resultados del módulo de ruptura.	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Cono de Abrams	17
Figura 2.	Procedimiento de la medida del Slump	18
Figura 3.	Ensayo a compresión	20
Figura 4.	Ensayo de la prueba diametral.....	22
Figura 5.	Viga ensayada en la prueba a flexión	23
Figura 6.	Estructura hexagonal de la red del grafeno	24
Figura 7.	Grafeno importado de China.	35
Figura 8.	Agregado fino.....	44
Figura 9.	Curva granulométrica del agregado fino	45
Figura 10.	Agregado grueso	45
Figura 11.	Curva granulométrica del agregado grueso	47
Figura 12.	Peso unitario suelto y compactado de agregado fino.....	48
Figura 13.	Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	50
Figura 14.	Conito de arena	51
Figura 15.	Pesando la muestra en agua	53
Figura 16.	Mezcladora para el concreto	59
Figura 17.	Probetas marcadas.....	59
Figura 18.	Slump obtenidos de los grupos GP, G1, G2, y G3	60
Figura 19.	Medida del slump.....	61
Figura 20.	Resistencia a compresión a los 7 días.....	63
Figura 21.	Resistencia a compresión a los 7 días en porcentajes.....	64
Figura 22.	Resistencia a compresión a los 14 días.....	65
Figura 23.	Resistencia a compresión a los 14 días en porcentajes.....	66
Figura 24.	Resistencia a compresión a los 28 días.....	68
Figura 25.	Resistencia a compresión a los 28 días en porcentajes.....	69
Figura 26.	Resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días de todos los grupos.....	70

Figura 27.	Columnas de resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días.	71
Figura 28.	Resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días del grupo Patrón	72
Figura 29.	Resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días del grupo 1 (G1)	73
Figura 30.	Resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días del grupo 2 (G2)	74
Figura 31.	Resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días del grupo 3 (G3)	75
Figura 32.	Prueba a compresión	75
Figura 33.	Resistencia a tracción a los 7 días.....	77
Figura 34.	Resistencia a tracción a los 7 días en porcentajes.....	78
Figura 35.	Resistencia a tracción a los 14 días.....	79
Figura 36.	Resistencia a tracción a los 14 días en porcentajes.....	80
Figura 37.	Resistencia a tracción a los 28 días.....	82
Figura 38.	Resistencia a tracción a los 28 días en porcentajes.....	83
Figura 39.	Curvas de resistencia a tracción a los 7, 14, y 28 días	84
Figura 40.	Resistencia a tracción a los 7, 14, y 28 días de todos los grupos.....	85
Figura 41.	Prueba a tracción.....	85
Figura 42.	Módulo de ruptura a los 7 días.....	87
Figura 43.	Módulo de ruptura a los 7 días en porcentajes.....	88
Figura 44.	Módulo de ruptura a los 14 días.....	89
Figura 45.	Módulo de ruptura a los 14 días en porcentajes.....	90
Figura 46.	Módulo de ruptura a los 28 días.....	91
Figura 47.	Módulo de ruptura a los 28 días en porcentajes.....	92
Figura 48.	Módulo de ruptura a los 7, 14, y 28 días de todos los grupos.....	93
Figura 49.	Módulo de ruptura a los 7, 14, y 28 días de todos los grupos.....	94
Figura 50.	Vigas ensayadas a flexión.....	95

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.	Muestreo del agregado grueso	122
Fotografía 2.	Peso unitario suelto del agregado grueso	122
Fotografía 3.	Peso unitario suelto del agregado fino	123
Fotografía 4.	Peso en el agua del agregado grueso.....	123
Fotografía 5.	Elaboración del concreto con la incorporación de grafeno.....	124
Fotografía 6.	Medida del slump.....	124
Fotografía 7.	Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas (vigas)	125
Fotografía 8.	Granulometría del agregado fino	125
Fotografía 9.	Granulometría del agregado fino, pesos retenidos.....	126
Fotografía 10.	Granulometría del agregado grueso.....	126
Fotografía 11.	Ensayo a compresión.....	127
Fotografía 12.	Ensayo a flexión de la viga.....	127
Fotografía 13.	Viga ensayada a flexión.....	128
Fotografía 14.	Ensayo a tracción por compresión diametral.....	128

RESUMEN

En la presente investigación se planteó como problema general: ¿Cómo incidirá en las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² el incorporar grafeno?, el objetivo general fue: Evaluar cómo incide en las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² el incorporar grafeno, y la hipótesis general que se contrastará será: Incorporar grafeno al concreto $f'c$ 210 Kg/cm², mejora las propiedades físico - mecánicas.

La dosificación de grafeno que se adicionará será de 0.025%, 0.05 % y 0.075% con respecto al peso del cemento. Con respecto a la metodología empleada, el método de investigación es el científico, el tipo de investigación es aplicada, el nivel de investigación es descriptiva y el diseño es cuasiexperimental. Al respecto de la población de estudio es el conjunto de probetas cilíndricas las cuales serán sometidas a pruebas de resistencia. Asimismo, el grupo de vigas prismáticas que también serán analizadas con dicha prueba. Además, la muestra es de tipo no probabilístico y está conformada por 36 probetas cilíndricas para la prueba de compresión, 24 vigas prismáticas para la prueba de tracción por flexión y 36 probetas cilíndricas para la prueba a tracción por compresión diametral.

Finalmente se llegó a la conclusión que a los 28 días la resistencia a compresión aumenta significativamente llegando obtener en el grupo 3 un valor promedio de 363 Kg/cm² que representa el 125% respecto al grupo patrón. Asimismo, la resistencia a tracción por el método radial también aumenta, puesto que, a los 28 días se consiguió una resistencia promedio de 32 Kg/cm² en el grupo 3, que representa el 114% con respecto al grupo patrón. Además, el módulo de ruptura (resistencia a tracción por flexión) también aumento ya que se obtuvo en el grupo 3 a los 28 días un valor de 37 Kg/cm² que representa el 148% con respecto al grupo patrón.

Palabras clave: Concreto, resistencia a compresión, grafeno.

ABSTRACT

In the present investigation, the general problem was raised: How will incorporating graphene affect the physical-mechanical properties of concrete $f_c 210 \text{ Kg/cm}^2$? The general objective was: Evaluate how it affects the physical-mechanical properties of concrete $f_c 210 \text{ Kg/cm}^2$ to incorporate graphene, and the general hypothesis that will be contrasted will be: Incorporating graphene into the concrete $f_c 210 \text{ Kg/cm}^2$, improves the physical-mechanical properties.

The dosage of graphene to be added will be 0.025%, 0.05% and 0.075% with respect to the weight of the cement. Regarding the methodology used, the research method is scientific, the type of research is applied, the research level is descriptive and the design is quasi-experimental. Regarding the study population, it is the set of cylindrical specimens which will be subjected to resistance tests. Likewise, the group of prismatic beams that will also be analyzed with this test. In addition, the sample is of the non-probabilistic type and is made up of 36 cylindrical specimens for the compression test, 24 prismatic beams for the flexural tensile test and 36 cylindrical specimens for the diametrical compression tensile test.

Finally, it was concluded that after 28 days the resistance to compression increases significantly, obtaining an average value of 363 Kg / cm^2 in group 3, which represents 125% with respect to the standard group. Likewise, the tensile strength by the radial method also increases, since, after 28 days, an average resistance of 32 Kg / cm^2 was achieved in group 3, which represents 114% with respect to the standard group. In addition, the modulus of rupture (flexural tensile strength) also increased since a value of 37 Kg / cm^2 was obtained in group 3 at 28 days, which represents 148% with respect to the standard group.

Keywords: Concrete, compression resistance, graphene.

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación titulada “Incidencia del grafeno en las propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”, se busca evaluar las incidencias que provoca en la resistencia del concreto al agregar grafeno.

En el mundo y en el Perú, el concreto es uno de los materiales más utilizados en distintos ámbitos, puesto que, debido a sus propiedades se le puede aprovechar de diversas maneras en el sector de la construcción. Debido a esto día a día se busca mejorar dichas propiedades que presenta el concreto, a través de experimentos que sirvan de base y fortalezcan los conocimientos en este tema.

Por lo tanto, como propuesta de solución a todo lo previamente expuesto, es experimentar realizando los ensayos respectivos en el concreto. Con la finalidad de conocer como este material nanotecnológico como lo es el grafeno, pueda aportar todas sus virtudes inherentes en la mezcla final. Así poder obtener un concreto con mejores propiedades mecánicas.

La presente investigación consta de los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, este capítulo presenta el planteamiento del problema. Asimismo, también expone la formulación del problema a través del problema general y los problemas específicos. Además, sustenta la importancia de la investigación a través de explicar la justificación (práctica, científica y metodológica). Así como también exhibe la delimitación (espacial, temporal y económica), las limitaciones y plantea los objetivos (objetivo general y objetivos específicos).

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO, este capítulo aborda los antecedentes (nacionales e internacionales). Asimismo, el marco conceptual. Además, la definición de los términos. Así como también la formulación de las hipótesis (hipótesis general e hipótesis específicas) y las variables (definición conceptual, definición operacional y operacionalización de la variable).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA, este capítulo enmarca el método de investigación. Asimismo, el tipo de investigación, el nivel de investigación, el diseño de investigación,

la población y la muestra. Además, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de la información y las técnicas de análisis de datos.

CAPÍTULO IV RESULTADOS, este capítulo engloba la presentación de los datos y resultados obtenidos en los ensayos, respecto a los análisis de agregados pétreos, así como también la presentación de los resultados obtenidos a compresión, tracción y flexión del concreto.

CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS, este capítulo sustenta la evaluación comparativa de los resultados obtenidos en los ensayos, con estudios previos los cuales se respaldarán o refutarán.

Finalmente, se presentan las conclusiones a las cuales se llegó. Asimismo, las recomendaciones que servirán a futuras investigaciones. Además, las referencias bibliográficas que sirvieron de base a la presente investigación y los anexos en los cuales se detallan los materiales complementarios que sirven de refuerzo y dan valor a la tesis como son los certificados de los ensayos de laboratorio, entre otros.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Al respecto de la gran cantidad de concreto que se utiliza en las diversas obras en el mundo. Se puede tomar como referente al uso del cemento. El cual alcanza un valor de 4129 millones de toneladas de consumo aproximado cada año. Asimismo, el país que más consume en el mundo dicho material es China, el cual consume aproximadamente el 58% del total en el mundo cada año. Además, en América del Sur, el país que más consume cemento es Bolivia y muy cerca Perú que es el tercer país de Sudamérica que más consume dicho material (ASOCEM, 2019).

Por lo tanto, del párrafo previamente expuesto, se infiere el problema a investigar, que es, buscar alternativas de mejora en las propiedades del concreto, asimismo, que disminuya el uso del cemento en el mismo, porque el generar cemento contamina el medio ambiente. Pero manteniendo y en lo posible siempre mejorando las propiedades más importantes por las cuales su uso en construcción es el adecuado.

Asimismo, a pesar que cada año se realizan nuevos estudios con diversos nuevos materiales que se experimentan con el concreto, aún hay mucho por descubrir en el campo de su dosificación, elaboración, puesta en obra y propiedades (Rivva, 2019).

Además, durante muchos años y hasta la actualidad, se siguen experimentando y buscando mejorar mucho más aun las cualidades que pueda brindar el concreto, este fin principalmente adicionando y experimentado día a día con productos y aditivos, es por ello que, se presenta como una alternativa de solución en la presente tesis el adicionar grafeno en la composición de la mezcla de concreto. Teniendo como eje principal que mejore las resistencias mecánicas, pero que a su vez no reste cualidades, como, por ejemplo, en la trabajabilidad que es muy importante para su puesta en obra.

Al respecto del grafeno, una de las propiedades más destacadas del grafeno es su elevado Modulo de Young igual a 1×10^{12} Pa (Novoselov et al., 2012).

Asimismo, se ha comprobado que su módulo de Young es mayor que el diamante. La fractura frágil de grafeno se produce a una tensión crítica igual a su fuerza intrínseca de 130 GPa, este es un valor alto, jamás medido en materiales reales (Bonaccorso et al., 2010).

Además, el uso de aditivos y/o adiciones nos permiten hoy en día contar con concreto de mayor resistencia; sin embargo, el éxito de su obtención depende mucho del correcto uso de los aditivos y de la acertada elección del producto.

Por lo tanto, como propuesta de solución a todo lo previamente expuesto, es experimentar realizando los ensayos respectivos en el concreto. Con la finalidad de conocer como este material nanotecnológico como lo es el grafeno, pueda aportar todas sus virtudes inherentes en la mezcla final. Así poder obtener un concreto con mejores propiedades mecánicas.

1.2 Formulación y sistematización del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo incidirá en las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² el incorporar grafeno?

1.2.2 Problemas específicos

- 1) ¿Mejorará la resistencia a compresión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al incorporar grafeno?

- 2) ¿Aumentará la resistencia a tracción del concreto f'_c 210 Kg/cm² al incorporar grafeno?
- 3) ¿Variará la resistencia a flexión del concreto f'_c 210 Kg/cm² al incorporar grafeno?

1.3 Justificación

1.3.1 Práctica o social

Al respecto de la justificación práctica, se presenta cuando la investigación tiene por fin el solucionar problemas o al menos apoyar con técnicas que puedas aportar en dicha solución (Bernal, 2016).

Asimismo, considerando el enfoque práctico de la justificación, se sabe que, con el transcurrir del tiempo se busca mejorar de una u otra manera las virtudes que brinda el concreto como puede ser las resistencias requeridas que aporta.

Por lo tanto, la presente tesis plantea una alternativa de solución, utilizando el grafeno en la elaboración de concreto, con la finalidad de mejorar sus propiedades físicas, como son la compresión, tracción y flexión de la misma. A través de definir grupos con distintos porcentajes de grafeno (0.025%, 0.05% y 0.075%). Además, de experimentar en el laboratorio de ensayo de materiales, realizando 36 pruebas a compresión, 36 a tracción diametral y 24 a flexión en vigas.

1.3.2 Científica o teórica

Al respecto de la justificación teórica, se presenta cuando sobre un conocimiento que ya existe se pretende contrastar los resultados obtenidos. Asimismo, con dichos resultados hallados, también se puede fortalecer o apoyar dichos conocimientos ya existentes (Bernal, 2016).

Por lo tanto, la justificación teórica encaja en la presente investigación puesto que, los resultados obtenidos sirven como base de conocimiento para futuras investigaciones que tengan variables similares con respecto a las propiedades físico - mecánicas del concreto y la incorporación del grafeno como parte de dicha mezcla. Asimismo, los resultados obtenidos en la presente tesis sirven para fortalecer conocimientos ya existentes.

1.3.3 Metodológica

Al respecto de la justificación metodológica, se presenta cuando la investigación aporta en propuestas estratégicas o en métodos que permiten producir algún tipo de conocimiento con validez y confiabilidad (Bernal, 2016).

Por lo tanto, tomando en consideración el lado metodológico, se justifica, porque, para desarrollar la investigación se planteó una metodología de proceso que también puede servir a otras investigaciones con variables similares. Dicha metodología de procedimiento consistió en realiza los ensayos que permitan determinar las propiedades de los agregados. Asimismo, en base a los datos previamente hallados de los agregados, se prosiguió con el diseño de la mezcla denominada base o patrón, que sirvió como referente para realizar también los otros diseños de mezcla con adiciones de 0.025%, 0.05% y 0.075 % de grafeno, teniendo consideración que dichos porcentajes de grafeno se estiman en relación al peso del cemento utilizado en la mezcla. Además, paso siguiente se elaboró las muestras que consistieron en probetas en forma de cilindro y vigas prismáticas, con la finalidad de realizar los ensayos respectivos en los días indicados.

1.4 Delimitaciones

1.4.1 Espacial

La presente investigación tuvo lugar en todo el espacio geográfico de la ciudad de Lima.

1.4.2 Temporal

Esta investigación se realizó en el año 2021, en un periodo 09 meses, desde el mes de enero al mes de setiembre.

1.4.3 Económica

La disponibilidad de recursos financieros para la ejecución de la presente investigación, se financió por el autor.

1.5 Limitaciones

La presente investigación tuvo un enfoque exclusivamente teórico y de ensayos en el laboratorio. Asimismo, se descartó la ejecución en estructuras reales de prueba.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Evaluar cómo incide en las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² el incorporar grafeno.

1.6.2 Objetivos específicos

- 1) Determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al incorporar grafeno en proporciones de 0.025%, 0.05% y 0.075%.
- 2) Analizar la resistencia a tracción del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al incorporar grafeno en proporciones de 0.025%, 0.05% y 0.075%.
- 3) Evaluar la resistencia a flexión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al incorporar grafeno en proporciones de 0.025%, 0.05% y 0.075%.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

- a) Botto y Santacruz (2017), en su tesis titulada “Evaluación de las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto para uso en pavimento rígido, adicionado con nanocompuestos de carbono”. En la presente investigación se tuvo como objetivo, evaluar las propiedades del concreto con adición de Nanocompuestos de carbono (NCC). Asimismo, la dosificación empleada fue de 0.05 %, 0.10 % y 0.15 % de NCC en relación a lo que peso el cemento en la mezcla.

Sus principales conclusiones son:

- Al respecto de la resistencia a compresión y a flexión, si bien existió una variación de dichas resistencias, estas no fueron significativas.
- Considerando los ensayos de módulo de elasticidad estático y dinámico, se infiere que a mayor adición se obtienen mayores valores.

- El grupo con 0.10% de NCC es quien presentó mejores cualidades a los ensayos, por ende, es el óptimo de los grupos experimentados.

b) Camargo y Manchego (2017), en su tesis titulada “Análisis experimental del comportamiento en estado fresco y estado endurecido de una matriz cementicia, adicionada con nanocompuestos de carbono”, presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil, publicado por la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, 2017. En la presente investigación se estudia el efecto de la adición de nanocompuestos de carbono en una matriz cementicia tipo mortero, con el objetivo de determinar la influencia de dicha adición sobre propiedades en estado fresco, fluidez y variación de temperaturas de hidratación, al igual que el estado endurecido, la evolución de la retracción por secado, resistencia a compresión y flexo-tracción. La síntesis de los nanocompuestos de carbono (NCC) es realizada mediante la descomposición catalítica de metano donde se evaluaron tres composiciones diferentes del catalizador, tomándose relaciones atómicas Cu/Ni de 2/1, 1/1 y 1/3. Los NCC y los morteros modificados fueron caracterizados mediante las técnicas de microscopia electrónica de barrido (SEM), y espectroscopia de energía dispersiva (EDX); igualmente, por cada una de las relaciones Cu/Ni se trabajaron dos mezclas variando la concentración de NCC, 0,1% y 0,5% en peso de cemento, haciendo uso de un superplastificante como agente dispersante de los NCC, donde por cada relación se evaluó la evolución de la retracción, resistencia a compresión y flexotracción a las edades de 3, 7, 14 y 28 días.

Sus principales conclusiones son:

- Mezclas cementicias adicionadas con nanocompuestos de carbono ven afectada negativamente la fluidez, presentándose que a mayor concentración de nanocompuestos de carbono menor fluidez, debido a la mayor superficie específica de los NCC presentes en la mezcla.
- La adición de nanocompuestos de carbono disminuye la ganancia de temperatura durante la hidratación de la matriz cementicia para cada una de las concentraciones y relaciones Cu/Ni; a mayor concentración de NCC, mayor disminución de temperatura en la mezcla durante la hidratación. Lo cual indica un impacto en las reacciones de hidratación de los silicatos cálcicos, debido a la reaglomeración de NCC alrededor de los granos de cemento, que obstaculizan la hidratación inicial.
- Con la adición de nanocompuestos de carbono al mortero, se obtienen ganancias de resistencias finales a la flexión (28 días) frente al mortero convencional sin adiciones del orden del 23,3% al 46,8% (con NCC de relación Cu/Ni 1 y 0,1% en peso de cemento, para esta última). No obstante que al compararse los resultados con el mortero con únicamente policarboxilato, disminuye la resistencia en un rango del 7,6% al 22,4%.
- A nivel de resistencias a la flexión se encontró que los NCC que mejores resultados de resistencia a flexión presentan para las mezclas adicionadas, frente al resto de mezclas con NCC, corresponden a los de relación Cu/Ni 1 con 0,1% de concentración, correspondiendo estos a los de diámetro y longitud intermedia, dentro de los NCC utilizados.
- Frente al mortero convencional sin adiciones, se obtienen ganancias de resistencias finales a la compresión (28 días), que van del orden del 10,6% al 26,7% para todas las mezclas evaluadas, a excepción de la mezcla adicionada con nanocompuestos de relación Cu/Ni 2 y 0,1% de concentración, que presentó una disminución de 4,5%.

- En comparación con la matriz cementicia adicionada únicamente con policarboxilato se obtienen ganancias de resistencias a compresión del orden del 7,3% para la mezcla preparada con nanocompuestos de relación Cu/Ni 0.33 y 0,1% de concentración, siendo está la adición que mayores resistencias a compresión brinda frente a las demás adiciones de NCC.
 - De acuerdo con los datos y el análisis estadístico realizado, no se observan diferencias significativas por el efecto de la adición de nanocompuestos de carbono en el fenómeno de retracción por secado.
- c) Navarro y Forero (2017), en su tesis titulada “Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono”, publicado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, 2017. En la presente investigación se estudia el efecto que pueda generar el utilizar nanotubos de carbono en el concreto. Asimismo, el estudio consiste en experimentar con 3 grupos, de los cuales uno es el concreto base tradicional y 2 tienen porcentajes de 0.3% y 0.5% de adición con respecto al cemento utilizado en la mezcla.
- Sus principales conclusiones son:
- El grupo con 0.3% de nanotubos alcanzó una resistencia a compresión de 11.7% mayor a la del grupo base.
 - El grupo con 0.5% de nanotubos alcanzó una resistencia a compresión de 10.2% mayor a la del grupo base.
 - El agregar nanotubos de carbono disminuye la trabajabilidad.
- d) Ávila, Eguez y Roa (2019), en su publicación titulada “Evaluación del Comportamiento en Compresión de Morteros Reforzados con Óxido de Grafeno y Costos Inherentes al Proceso Productivo de

Mezcla” publicado Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Ecuador, 2019. Se plantea analizar cómo influye en los morteros el agregar grafeno en su composición. Asimismo, pretende comparar los resultados de las muestras de mortero que tendrán porcentajes de grafeno en un rango de 0.03 a 0.06%, tomando como eje comparativo a la resistencia a compresión. Además, 26 es la cantidad de muestras a ensayar.

Sus principales conclusiones son:

- En el año 2015, al respecto de la resistencia a compresión, el grupo de mortero con 0.05% de grafeno obtuvo 43,2%, 33% y 24,4% más resistencia respecto al grupo base, a los 3, 7 y 28 días.
- En el año 2016, al respecto de la resistencia a compresión, el grupo de mortero con 0.1% de grafeno obtuvo 13% más de resistencia respecto al grupo base, a los 14 días. Asimismo, el grupo de mortero con 0.1% de grafeno funcionalizado obtuvo 39,1% más de resistencia respecto al grupo base, también a los 14 días.
- En el año 2017, al respecto de la resistencia a compresión, el grupo de mortero con 0.2% de grafeno y agregado fino reciclado, obtuvo 16,4% y 16,2% más resistencia respecto al grupo base, a los 14 y 28 días.

2.1.2 Antecedentes nacionales

- a) Ccopa, (2017), en su tesis titulada “Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto”. El presente estudio se plantea como objetivo, evaluar el efecto que pueda ocasionar el grafeno en las propiedades del concreto. Para tal fin se ha buscado y estudiado material bibliográfico relacionado al tema en mención. Asimismo, se comprobó que lo adicionado al concreto lo mejora considerablemente, siendo entonces una propuesta viable para su desarrollo.

El análisis comparativo consistió en realizar un concreto de la forma tradicional, en el cual no se le adicionó grafeno y elaborar otros grupos en los cuales si se le agrego dicho aditivo en 0.5%, 1% y 1.5% tomando en consideración el peso del cemento como referencia de dichos porcentajes establecidos de grafeno. Asimismo, se tuvo como base de resistencia a la compresión el de 210 Kg/cm². Además, se consideró también la consistencia obtenida de todos los grupos elaborados.

Sus principales conclusiones son:

- Aumentó la resistencia en un 26% con respecto al grupo base, asimismo, la consistencia también presentó un valor mayor, además, el concreto con grafeno fraguó más rápido que el tradicional sin dicho aditivo.
- El porcentaje en el cual se obtuvo mejores características es de 0.5% de grafeno.
- El slump varió de 4.4” a 5.5 “. Por ende, se considera que el grafeno hace más trabajable al concreto.
- Al respecto del costo, en el grupo con 0.5% de grafeno en el cual se obtuvo mayores beneficios de resistencia, dicho costo se incrementó en 47% respecto al concreto tradicional sin aditivo.

b) Aliaga y Contreras (2019), en su tesis titulada “Incorporación del grafeno para mejorar el comportamiento mecánico a compresión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019”, presentada para optar por el título de Ingeniero Civil, publicado por la Universidad César Vallejo (UCV), Lima, 2019.

En este estudio se consideró por objetivo a cumplir, el aumentar la resistencia a compresión del concreto adicionando grafeno, tomando en consideración una base de $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. Asimismo, los grupos formados por adición de grafeno tienen porcentajes de 0.02%, 0.04%, 0.06% al 0.08% teniendo como

referencia a lo que pesó el cemento en la mezcla. Además, la cantidad de probetas en total a ensayar fueron de 58.

Sus principales conclusiones son:

- Agregando grafeno en 0.04%, obtuvo mejores resultados al respecto a los demás grupos al aumentar la resistencia a compresión del concreto base establecido, llegando a mejorar dicha resistencia en 17%.
- Agregando grafeno en 0.02%, logró aumentar la resistencia a compresión del concreto base establecido, llegando a mejorar dicha resistencia en 6%.
- Agregando grafeno en 0.06%, logró aumentar la resistencia a compresión del concreto base establecido, llegando a mejorar dicha resistencia en 10.5%.
- Agregando grafeno en 0.08%, logró aumentar la resistencia a compresión del concreto base establecido, llegando a mejorar dicha resistencia en 7%.
- Considerando la consistencia obtenida, al agregar grafeno la mezcla, se concluye que efectivamente el adicionar dicho aditivo aumenta el valor del slump del concreto.

c) Bartra, (2019), en su tesis titulada “Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto $f'c$ 210 kg/cm² Tarapoto, 2018”, presentada para optar por el título profesional de Ingeniero Civil, publicado por la Universidad César Vallejo (UCV), Tarapoto, 2018.

El estudio consistió en elaborar 4 grupos, de los cuales uno sirvió de referencia con una resistencia base de 210 kg/cm², y los otros con porcentajes de grafeno en 1%, 1.5% y 2%. Dichos porcentajes en relación a la cantidad de cemento utilizado.

Sus principales conclusiones son:

- La resistencia aumentó en 10.79%, utilizando 1% de grafeno.

- La resistencia aumentó en 11.30%, utilizando 1.5% de grafeno.
- La resistencia aumentó en 17.35%, utilizando 2% de grafeno.

d) Casayco y Morales, (2019), en su tesis titulada “Incorporación del Óxido de Grafeno para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, Lima, 2019”, presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil, publicado por la Universidad César Vallejo (UCV), Lima, 2019.

La investigación presentó como objetivo determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ incorporado con óxido de grafeno. Asimismo, la dosificación utilizada fue de 0.05%, 0.06%, 0.07%, 0.08%, 0.09% y 0.10% en relación a lo que pesó el cemento en la mezcla.

Sus principales conclusiones son:

- El concreto patrón asumido para la dosificación fue de $f'c 175 \text{ kg/cm}^2$, y en el ensayo respectivo se obtuvo un valor de 176.6 kg/cm^2 .
- En el grupo con adición de 0.05% de óxido de grafeno se alcanzó un valor de resistencia a compresión de 179.4 kg/cm^2 .
- En el grupo con adición de 0.06 % de óxido de grafeno se alcanzó un valor de resistencia a compresión de 182.4 kg/cm^2 .
- En el grupo con adición de 0.07 % de óxido de grafeno se alcanzó un valor de resistencia a compresión de 191.3 kg/cm^2 .
- En el grupo con adición de 0.08 % de óxido de grafeno se alcanzó un valor de resistencia a compresión de 202.9 kg/cm^2 .
- En el grupo con adición de 0.09 % de óxido de grafeno se alcanzó un valor de resistencia a compresión de 216.1 kg/cm^2 .
- En el grupo con adición de 0.10 % de óxido de grafeno se alcanzó un valor de resistencia a compresión de 222.1 kg/cm^2 .

e) Choque (2021), en su tesis titulada “Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, agregando grafeno”, presentada para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Civil, publicado por la Universidad Nacional Federico Villarreal, 2021.

La presente investigación presenta como objetivo principal, Optimizar las propiedades mecánicas del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ agregando grafeno. Asimismo, se presenta a continuación un estudio de tipo aplicado y diseño experimental de una serie de ensayos realizados a una muestra de 120 especímenes de concreto, en un laboratorio a través de 90 probetas cilíndricas y 30 prismáticas que incluyeron a una muestra patrón las cuales tuvieron un diseño $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, así como también estos especímenes poseían una incorporación de dosis en 0.1%, 0.2%, 0.3 %,0.4% de grafeno.

Sus principales conclusiones son:

- Agregar grafeno en proporciones de 0.4% genera el aumento de la resistencia mecánica a compresión, respecto al diseño convencional de concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Asimismo, resaltando que se obtuvo en el grupo control un valor de 211.28 kg/cm^2 y en el grupo con 0.4% de grafeno se alcanzó un valor de 283.12 kg/cm^2 .
- Agregar grafeno en proporciones de 0.4% contribuye en mejorar su propiedad mecánica de flexión y tracción respecto al diseño convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Asimismo, resaltando que se obtuvo en el grupo control un valor de 39.53 kg/cm^2 y en el grupo con 0.4% de grafeno se alcanzó un valor de 44.60 kg/cm^2 .
- Agregar grafeno en proporciones de 0.4% incrementa la resistencia mecánica a la tracción respecto a un diseño convencional de concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. del cual se ha demostrado a través del ensayo a tracción por compresión

diametral. Asimismo, resaltando que se obtuvo en el grupo control un valor de 40.83 kg/cm² y en el grupo con 0.4% de grafeno se alcanzó un valor de 46.10 kg/cm².

- De acuerdo con los resultados obtenidos se considera que la dosificación del 0.4 % de grafeno que se utilizó resulta la más adecuada respecto a los resultados alcanzados con la adición de 0,1 %, 0,2%, 0.3 %.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 El concreto

2.2.1.1 General

El concreto es el producto final que surge al realizar una mezcla compuesta de agua, agregados, cemento y aire. Asimismo, cuando se busca repotenciar ciertas cualidades de dicho producto se le suele agregar aditivos para tal fin (Abanto, 2018).

Asimismo, para obtener un concreto de calidad puesto en obra, se tiene que considerar no solo que los insumos sean de calidad, sino que también otros factores sean los adecuados como son el mezclado, el traslado y vaciado hasta el punto requerido. Además, el curado correcto y a tiempo (Harmsen, 2017).

2.2.1.2 Componentes del concreto

2.2.1.2.1 Cemento

El cemento es uno de los participantes más importantes en la elaboración de concreto. Asimismo, dicho material se obtiene al elevar a altas temperaturas arcillas y elementos calcáreos que inicialmente se le conoce como Clinker, pero que luego de pulverizarlo ya se convierte en cemento propiamente dicho (Harmsen, 2017).

2.2.1.2.2 Agua

El agua juega un rol importante en la elaboración del concreto, por ende, debe ser de calidad. Evitando cualquier tipo de impurezas en la misma, ya que, solo así se podrá obtener un buen producto final en donde resalte las cualidades deseadas (Abanto, 2018).

2.2.1.2.3 Agregados

El agregado se puede obtener de forma natural en el medio, o también a través de procesar y triturar el elemento adecuado. Asimismo, dicho agregado en presencia de cemento y agua puede generar mortero o concreto (MVCS-E060, 2009).

Los agregados utilizados en la mezcla tienen que estar sin elementos que contaminen el concreto. Puesto que, su participación en el volumen del producto final es de tres cuartos aproximadamente, por lo tanto, tendrá mucha influencia en las cualidades buscadas del concreto (Abanto, 2018).

Asimismo, para que el agregado pueda ser considerado en el diseño de la mezcla de concreto, este tiene que cumplir con ciertas exigencias que indican las normas (NTP). No obstante, en el caso los agregados no cumplan con dichos parámetros, entonces lo que se realiza es la demostración que el concreto llegue a la resistencia a compresión solicitada, a través de los ensayos a compresión de probetas en laboratorio (MVCS-E060, 2009).

Para tener como referencia el límite entre el agregado grueso y fino, se puede considerar la malla N° 4 para tal fin. Entonces todos los agregados que pasen dicha malla pueden ser definidos como agregado fino.

Módulo de fineza, sirve para diferenciar si la mayor parte del agregado utilizado tiende a ser fino o grueso. Asimismo, para conocer su valor se suman los porcentajes acumulados retenidos, tomando en consideración solo algunos tamices establecidos. Además, al valor final obtenido se le entre cien (Abanto, 2018).

2.2.1.3 Propiedades del concreto

2.2.1.3.1 Trabajabilidad

Es la virtud de poder colocar, compactar y mezclar de una manera cómoda el concreto realizado. Asimismo, esto involucra que no exista exudación, ni tampoco segregación de dicho producto final (Abanto, 2018).

2.2.1.3.2 Consistencia

Señala que tanta humedad pueda tener una mezcla, por ende, está vinculada también con el porcentaje de agua aplicada a dicha mezcla de concreto (Abanto, 2018).

El ensayo de consistencia del Concreto, tiene como finalidad mostrar el actuar del concreto cuando se halla en su fase fresca. A través de medir el slump que forma el mismo.

Equipo

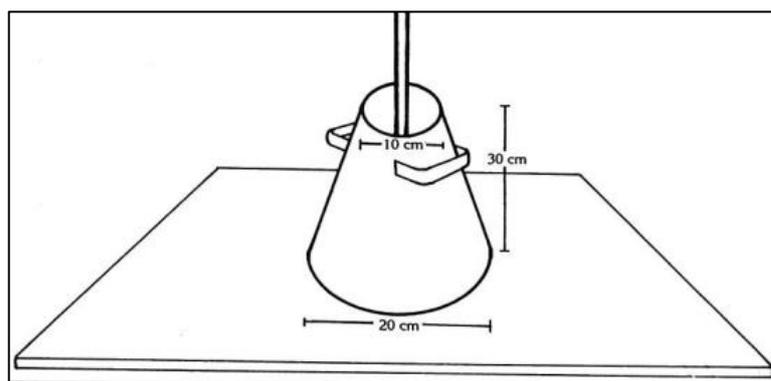


Figura 1. Cono de Abrams

Fuente: Sánchez, 2001

Se tiene en consideración para el equipo a utilizar un recipiente en forma de cono que mide 0.1 m y 0.2 m. de base superior e inferior respectivamente, asimismo, de alto 0.3 m. Además, también participa una barra de acero lisa de 5/8" que la punta tiene forma semiesférica con una longitud de 0.6 m.

Procedimiento de ensayo

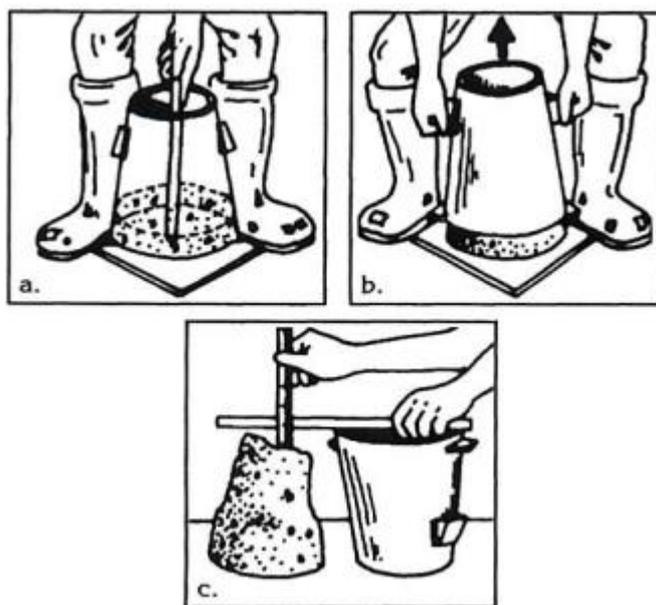


Figura 2. Procedimiento de la medida del Slump

Fuente: Sánchez, 2001

Los pasos a seguir son llenar el cono en 3 niveles, tomando en consideración que llenado cada nivel se le compacta con varilla 25 veces. Asimismo, cuando el cono está lleno, este se retira rápido sin que sobrepase los 5 segundos. Además, entre el procedimiento de llenado el cono con concreto y retirado no debe ser mayor a 2 minutos.

2.2.1.3.3 Segregación

Cuando se separa el agregado grueso o se aísla en ciertos lugares del concreto, se conoce como segregación, lo cual es visible formando cangrejeras. Asimismo, esto ocurre en

mayoría de veces por vaciar el concreto a alturas mayores de 50 cm (Abanto, 2018).

2.2.1.3.4 Exudación

Exudación, cuando el agua del concreto sube a la superficie de la misma, se pierde dicho líquido en otras partes del concreto, lo cual genera muchos problemas, uno de los cuales puede ser que en la parte donde se acumula la mayor parte del agua se disminuye de la resistencia estimada, puesto que, el factor agua cemento estimado ya no sería el mismo que el previamente dosificado (Abanto, 2018).

2.2.1.3.5 Tiempo de fraguado

Consiste en cuanto tarda el concreto de pasar de fase fresca a fase endurecida. Asimismo, para conocer cuando exactamente ocurre esto, se puede recurrir a utilizar la aguja de Vicat.

2.2.1.4 Resistencia

La resistencia a compresión está vinculada directamente con el porcentaje de agua y cemento utilizado en la mezcla. Asimismo, también el concreto presenta resistencia a fuerzas de tracción y flexión.

2.2.1.4.1 Resistencia del concreto a la compresión

Para preparar las probetas a ensayar en compresión, se utilizan moldes de 0.15 m y 0.3 m de altura en forma de cilindro. Asimismo, los cuales son curados en un lapso de tiempo, y en el día 28 se realiza el ensayo respectivo. Además, utilizando el promedio de 2 pruebas como mínimo para el resultado final (Harmsen, 2017).



Figura 3. Ensayo a compresión

Fuente: Elaboración propia

Para elaborar una mezcla, se estima la dosificación para obtener un valor f'_{cr} , dado que, así se puede alcanzar resistencias que no sean de menor valor al f'_c que es la resistencia la cual se necesita. Por ello, la E.060 brinda consideraciones a tomar en cuenta para desarrollar dicha dosificación.

Tabla 1. Resistencia a compresión requerida con desviación estándar

Resistencia especificada a la compresión, Mpa	Resistencia promedio requerida a la compresión, Mpa
$f'_c \leq 35$	Usar el mayor resultado de:
	$f'_{cr} = f'_c + 1.34 S_s$
	$f'_{cr} = f'_c + 2.33 S_s - 3.5$
$f'_c > 35$	Usar el mayor resultado de:
	$f'_{cr} = f'_c + 1.34 S_s$
	$f'_{cr} = 0.9 f'_c + 2.33 S_s$

Fuente: MVCS-RNE-E.060, 2009

En el caso no se consiga los datos necesarios para estimar la desviación estándar, entonces tomar en consideración las pautas de la siguiente tabla.

Tabla 2. Resistencia a compresión requerida sin desviación estándar

Resistencia especificada a la compresión, Mpa	Resistencia promedio requerida a la compresión, Mpa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7.0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8.5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1.1 f'c + 5.0$

Fuente: MVCS-RNE-E.060, 2009

2.2.1.4.2 Resistencia del concreto a la tracción

En relación a las propiedades mecánicas de tracción, si se observa a mayor escala que el ojo humano, se apreciaría que en el concreto existen muchas grietas finas, debido a ello es que la resistencia a tracción del mismo es relativamente muy baja, considerando un 10% aproximado de lo que resiste a compresión (McCormac y Brown, 2018).

Realizar un ensayo propiamente dicho a tracción en el caso del concreto es difícil, principalmente por no poder sostener de manera adecuada los extremos de las probetas durante el ensayo. Por lo tanto, para estimar la tracción se utilizan pruebas como la compresión radial, además, se tiene en cuenta el ensayo en vigas que permite conocer el módulo de ruptura.

Con la siguiente formula se puede estimar la resistencia a tracción, considerando como datos los resultados hallados de la prueba a compresión diametral efectuada a las muestras en forma de cilindro.

$$f_r = \frac{2P}{\pi LD}$$



Figura 4. Ensayo de la prueba diametral

Fuente: Elaboración propia

2.2.1.4.3 Resistencia del concreto a la flexión

En relación a las propiedades mecánicas de flexión, a través de realizar pruebas de carga en vigas, se pueden obtener los datos necesarios para obtener el módulo de ruptura que es propiamente dicha la resistencia a tracción por flexión. Asimismo, en términos de análisis se obtiene de multiplicar la carga por la distancia que delimitan los apoyos, todo esto a su vez dividido por la base de la cara transversal y por altura al cuadrado de la misma.

$$\text{Módulo de ruptura} = PL/(bd^2)$$



Figura 5. Viga ensayada en la prueba a flexión

Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Grafeno

2.2.2.1 General

El grafeno es una monocapa de átomos de carbono que se enlazan y que se distribuyen simétricamente en forma de hexágono, parecido en aspecto a un panal de abejas. Asimismo, tiene un espesor de aproximadamente ~ 4 ángstrom (Å), y es estructuralmente bidimensional (2D) (Nguyen et al., 2015).

Gracias a la distribución atómica hexagonal que presentan, es que se puede caracterizar como una red de Bravais. Asimismo, la estructura de la red hexagonal del grafeno puede percibirse como una red triangular con una base de dos átomos por celda unitaria (Neto et al., 2009).

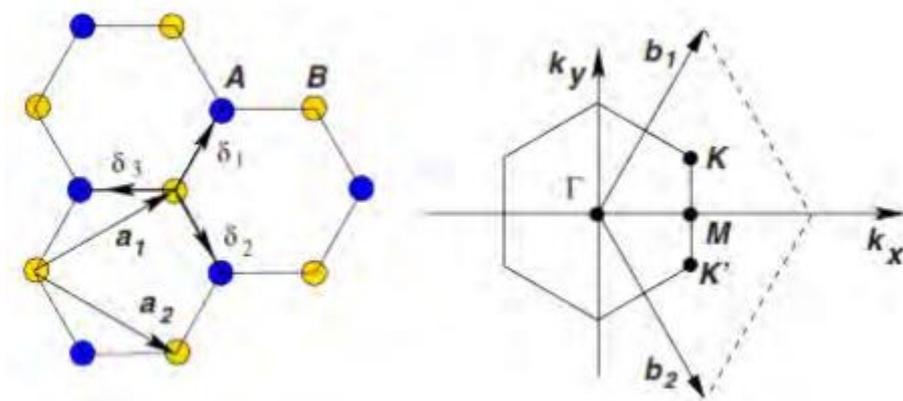


Figura 6. Estructura hexagonal de la red del grafeno

Fuente: Neto, 2009

2.2.2.2 Propiedades mecánicas

Una de las propiedades que más se resalta del grafeno es su gran Modulo de Young igual a 1×10^{12} Pa (Novoselov et al., 2012).

Asimismo, recientemente se ha comprobado que su módulo de Young es mayor que el diamante. La fractura frágil de grafeno se produce a una tensión crítica igual a su fuerza intrínseca $\sigma_{int} = 130$ GPa, este es un valor alto, jamás medido en materiales reales (Bonaccorso et al., 2010).

2.2.2.3 Aplicaciones

Debido a sus excelentes propiedades mecánicas, electrónicas, ópticas y térmicas, el grafeno es un material de vanguardia, abriendo campo en diferentes áreas de la ciencia. Una de las investigaciones en el área de la electrónica es, en desarrollo de dispositivos electrónicos, como es el caso de los dispositivos de radiofrecuencia, que se construyen con semiconductores, son costosos de producir. Los grafenos por ser un material puramente bidimensional, es un material prometedor para su aplicación en este tipo de dispositivos. Actualmente se considera al grafeno como uno de los materiales candidato a sustituir la tecnología del silicio. Otra de las aplicaciones interesantes que se da al grafeno es en la producción de tintas conductoras utilizando grafenos, estas tintas, se usan para construir pantallas planas ultrafinas,

flexibles y transparentes, lo cual contribuye como desarrollo tecnológico de última generación en fabricación de celulares y pantallas táctiles (Novoselov et al., 2012).

En la informática se está creando prototipos de grafeno para transistores de microprocesadores. En el área de las telecomunicaciones, se están desarrollando fotodetectores y antenas que sean ultrarrápidos, comparando con las actuales y así mejorar las conexiones de internet, esto porque en los grafenos los electrones se movilizan a gran velocidad. En todos estos casos se utiliza grafeno de alta calidad. Sin vacantes ni grupos funcionales (Novoselov et al., 2012).

Además, el grafeno se aplica en la fabricación de baterías y supercondensadores (almacenamiento de energía) y sensores.

2.3 Definición de términos

Al respecto de la definición de algunos términos relacionados al tema escogido en la presente tesis, la norma E.060 nos define lo siguiente.

- Aditivo: Elemento que se le agrega al concreto y que es diferente a los componentes tradicionales del mismo.
- Agregado: Material en forma de granos que puede obtenerse de forma natural o por manipulación a través de triturar piedras. Asimismo, al interactuar con el cemento puede dar origen al concreto o mortero.
- Agregado fino: Tipo de agregado que no puede ser retenido por el tamiz 9,5 mm (3/8").
- Agregado grueso: Tipo de agregado que no puede pasar por el tamiz 4,75 mm (N° 4).
- Arena: Tipo de agregado, el cual se le considera fino.
- Cemento: Material en forma de polvo que en contacto con el agua puede ser aglomerante. Asimismo, con la posibilidad de ser endurecido debajo del agua o en el aire.
- Cemento Portland: Es el Clinker en forma de polvo, al cual se le ha agregado sulfato de calcio.

- Grava: Tipo de agregado, el cual pertenece a la clasificación de grueso.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Incorporar grafeno al concreto $f'c$ 210 Kg/cm², mejora las propiedades físico - mecánicas.

2.4.2 Hipótesis específicas

- 1) Incorporar grafeno al concreto $f'c$ 210 Kg/cm², mejora la resistencia a compresión.
- 2) Incorporar grafeno al concreto $f'c$ 210 Kg/cm², aumenta la resistencia a tracción.
- 3) Incorporar grafeno al concreto $f'c$ 210 Kg/cm², varía la resistencia a flexión.

2.5 Variables

2.5.1 Definición conceptual de la variable

2.5.1.1 Variable independiente (X): Grafeno

El grafeno es una monocapa de átomos de carbono que se enlazan y que se distribuyen simétricamente en forma de hexágono, parecido en aspecto a un panal de abejas. Asimismo, tiene un espesor de aproximadamente ~ 4 ángstrom (Å), y es estructuralmente bidimensional (2D) (Nguyen et al., 2015).

Una de las propiedades que más se resalta del grafeno es su gran Modulo de Young igual a 1×10^{12} Pa (Novoselov et al., 2012).

2.5.1.2 Variable dependiente (Y): Propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c = 210$ kg/cm²

El concreto es el producto final que surge al realizar una mezcla compuesta de agua, agregados, cemento y aire. Asimismo, cuando se busca repotenciar ciertas cualidades de dicho producto se le suele agregar aditivos para tal fin (Abanto, 2018).

2.5.2 Definición operacional de la variable

2.5.2.1 Variable independiente (X): Grafeno

El grafeno se dosificó en distintos porcentajes, lo cual permitió formar grupos definidos según dichos porcentajes, los cuales presentaron diversos resultados en los ensayos, que posteriormente fueron comparados para conocer cuál es el más idóneo.

2.5.2.2 Variable dependiente (Y): Propiedades físico – mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

En el concreto es de suma importancia determinar las propiedades mecánicas representadas por las resistencias del mismo. Asimismo, conocer las propiedades físicas más resaltantes como es la trabajabilidad y consistencia a través del slump. Además, analizar los agregados para conocer sus características y poder así aprovechar al máximo las bondades que brinda el concreto.

2.5.3 Operacionalización de la variable

Tabla 3. Operacionalización de la variable

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE DEPENDIENTE	PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F' C = 210 KG/CM ²	D1: Propiedades mecánicas	I1: Resistencia a compresión I2: Resistencia a tracción I3: Resistencia a flexión
		D2: Propiedades físicas	I1: Trabajabilidad I2: Consistencia I3: Segregación I4: Exudación I5: Durabilidad
		D3: Agregados	I1: Granulometría I2: Módulo de finura I3: Contenido de humedad I4: Porcentaje de absorción
VARIABLE INDEPENDIENTE	GRAFENO	D1: Dosificación	Grafeno (0.025% peso del cemento).
			Grafeno (0.05% peso del cemento).
			Grafeno (0.075% peso del cemento).

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

El método científico consiste en aplicar pasos que tienen por finalidad plantear interrogantes o problemas al respecto de la realidad. Asimismo, tiene como principio observar y tener en cuenta las teorías que ya existen. Además, adelantar posibles soluciones, a través de formular hipótesis que posteriormente serán contrastadas o demostradas (Baena , 2017).

Por ende, la presente tesis enmarca en utilizar el método científico como eje de investigación, puesto que, a las interrogantes o a los problemas planteados se le formularon hipótesis, las cuales han sido analizadas y demostradas para brindar conclusiones veraces con la realidad de los hechos.

3.2 Tipo de investigación

Existen 2 fines que debe cubrir una investigación, una de ellas es aportar en conocimientos y teorías, a esta se la conoce como básica. Asimismo, el otro fin es desarrollar soluciones a problemas que se plantean, y a esta se la conoce como aplicada (Hernández y Mendoza, 2018).

Por lo tanto, considerando dichos fines de la investigación, la presente tesis encaja en tipo aplicada.

3.3 Nivel de investigación

Es explicativo puesto que, tiene por parámetro central dar a conocer la relación de causa, entre la variable independiente adición de grafeno (formando grupos con 0.025%, 0.05%, y 0.075%) y la incidencia que pueda generar en la variable dependiente propiedades físico – mecánicas del concreto.

3.4 Diseño de la investigación

Cuasiexperimental es el presente proyecto, además, transversal.

En un experimento se manobra una variable para saber cómo repercute en la otra variable que es conocida como dependiente. El cuasiexperimento es similar con la diferencia que los grupos a utilizar ya están definidos con anticipación (Hernández y Mendoza, 2018).

En la presente tesis se estableció las proporciones de grafeno a utilizar en cada grupo antes de experimentar, es por ello considerado un cuasiexperimento, asimismo, la idea final es conocer cómo influye en la variable dependiente que son las propiedades mecánicas del concreto.

La investigación transversal considera recolectar los datos necesarios de los ensayos realizados en un periodo de tiempo el cual ya está definido o determinado (Hernández y Mendoza, 2018).

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

Se toma en consideración a todo grupo infinito o también finito, en el cual sus participantes tienen como vinculo el mismo medio o entorno. Asimismo, también vinculados en la misma línea de tiempo (Hernández y Mendoza, 2018).

La población que se consideró en la presente tesis, tomó en cuenta utilizar 72 probetas cilíndricas con dimensiones de 0.1 m base y 0.2 m de alto, los

cuales fueron ensayados a compresión y tracción. Además, también se utilizó 24 vigas en forma de prisma que se ensayaron a flexión.

Asimismo, en las siguientes tablas se exponen la cantidad de ensayos en relación a los días en los cuales han sido ensayados.

Tabla 4. Porcentaje de grafeno utilizado en cada grupo

GRUPOS	DOSIFICACIÓN
GP	Sin grafeno
G1	Grafeno (0.025% peso del cemento)
G2	Grafeno (0.05% peso del cemento)
G3	Grafeno (0.075% peso del cemento)

Fuente: Elaboración propia

Se ha tomado en consideración lo que indica la norma E.060, que en los ensayos a compresión se debe sacar el promedio de 3 probetas para obtener un valor representativo, como se muestra en la siguiente tabla, haciendo un total de 36 probetas que se ensayaron a compresión.

Tabla 5. Cantidad de ensayos a compresión

COMPRESIÓN			
Grupos	Día de ensayo		
	7	14	28
GP	3	3	3
G1	3	3	3
G2	3	3	3
G3	3	3	3
	12	12	12
TOTAL	36		

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, al respecto del ensayo a tracción la norma no indica un mínimo de probetas por ensayo, pero se aplicó el mismo criterio que en compresión entonces en tracción también se sacó el promedio de 3 probetas para obtener un valor representativo, como se muestra en la siguiente tabla, haciendo un total de 36 probetas que se ensayaron a tracción.

Tabla 6. Cantidad de ensayos a tracción

TRACCIÓN DIAMETRAL			
Grupos	Día de ensayo		
	7	14	28
GP	3	3	3
G1	3	3	3
G2	3	3	3
G3	3	3	3
	12	12	12
TOTAL	36		

Fuente: Elaboración propia

Además, la norma E.060 al respecto del ensayo a flexión tampoco señala un mínimo de ensayos, pero se consideró el promedio de 2 ensayos para tener un valor representativo, como se muestra en la siguiente tabla, haciendo un total de 24 vigas que se ensayaron a flexión.

Tabla 7. Cantidad de ensayos a flexión

FLEXIÓN VIGAS			
Grupos	Día de ensayo		
	7	14	28
GP	2	2	2
G1	2	2	2
G2	2	2	2
G3	2	2	2
	8	8	8
TOTAL	24		

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Muestra

La muestra es el resultado de elegir una parte o total de la población, la cual permitirá llevar un análisis más minucioso y que permitirá obtener rasgos representativos de la población (Hernández y Mendoza, 2018).

La muestra de la presente tesis consideró analizar a toda la población con la finalidad de obtener resultados más precisos, la cual tomó en cuenta utilizar 72 probetas cilíndricas con dimensiones de 0.1 m base y 0.2 m de alto, los cuales fueron ensayados a compresión y tracción. Además, también se utilizó 24 vigas en forma de prisma que se ensayaron a flexión.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Recolección de datos

Para llevar a cabo la recolección de datos, se partió de considerar los siguientes puntos:

- Características de los agregados.
- Características del grafeno.
- Propiedades mecánicas del concreto.
- Propiedades mecánicas del concreto con grafeno.

Además, toda la información necesaria o hecho relevante para sacar adelante la presente tesis consistió fundamentalmente en las siguientes dos fuentes:

a) Fuentes primarias

Teniendo en consideración la fuente primaria a la cual se recurrió, es importante mencionar la participación directa de los hechos en los siguientes puntos:

- Trabajo de campo.
- Canteras de agregados.
- Laboratorio de Ensayos de agregados y concreto.
- Trabajo de gabinete.

b) Fuentes secundarias

Al respecto de las fuentes secundarias, se puede mencionar a toda aquella de la cual se obtuvo información necesaria para considerarla como eje académico.

- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)
- Norma Técnica Peruana (NTP)
- American Society for Testing and Materials (ASTM)
- American Concrete Institute (ACI).

3.6.2 Técnicas de recolección

La técnica de recolección utilizada para poder cumplir con todos los objetivos planteados en la presente investigación, es la observación directa de los hechos.

3.6.3 Instrumentos de recolección

El instrumento para recolectar datos considerado fue el cuestionario, el cual se plasmó a través de utilizar la ficha técnica.

Al respecto de la ficha técnica, cabe mencionar que en ella se manifiesta el uso de las normas que rigen el tema del concreto en general. Lo cual permite que los procedimientos y ensayos realizados sean desarrollados de manera correcta, según dictan las entidades como son el RNE, NTP, ASTM, y ACI.

3.7 Procesamiento de la información

3.7.1 Obtención de los agregados

Los materiales pétreos (agregados grueso y fino) se obtuvieron de la cantera Trapiche, ubicada en el distrito de Comas en la ciudad de Lima.

3.7.2 Importación del grafeno

El producto a utilizar para adicionar en el concreto, es el grafeno, el cual se importó de China, puesto que en Perú aún no se produce dicho elemento.



Figura 7. Grafeno importado de China.

Fuente: Elaboración propia.

3.7.3 Ensayo de calidad de los agregados

3.7.3.1 Muestreo de los agregados grueso y fino

Las normas referentes al muestreo para materiales de construcción utilizadas son el MTC E 201 y NTP 400.010.

El propósito es indicar los pasos correctos que se deben realizar para muestrear los agregados. Y esto conllevará a aceptar o rechazar la cantera de la cual se consiguió los agregados.

Los equipos y materiales utilizados son sacos o costales, pala, regla de cuarteo.

Al respecto de la cantidad de muestra a utilizar debe ser representativa. Asimismo, envasada en sacos que permitan que la muestra no sea alterada.

El procedimiento consiste, en separar en 4 partes similares la muestra (agregado), luego se excluyen 2 partes no contiguas. Y de nuevo se repite dicho procedimiento, hasta obtener el equivalente al peso necesitado para las siguientes pruebas requeridas.

3.7.3.2 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos

Las normas referentes son el MTC E 204, NTP 400.012 y ASTM C 136 ASTM C33.

La finalidad es conocer la distribución del tamaño de los fragmentos del agregado por medio de una serie de tamices normalizadas y verificar si cumple con los parámetros exigidos.

El análisis granulométrico para agregados finos, sirve para determinar el módulo de fineza y el análisis granulométrico para el agregado grueso ayuda a determinar el tamaño máximo nominal

Los equipos y materiales utilizados son balanzas con sensibilidad de 0.1 gr para agregados finos y 0.5 gr para agregados gruesos. Asimismo, horno con capacidad de mantener una temperatura de 110 °C. Además, tamices según las especificaciones del agregado (grueso o fino).

Las muestras se obtienen a través del muestreo del agregado (cuarteo). La cantidad mínima de agregado fino será de 300 gr y para el agregado grueso será de acuerdo a su tamaño máximo nominal.

Los pasos del procedimiento comienzan con secar la muestra en el horno a 110 °C. Asimismo, colocar la muestra en la serie de tamices y proceder con el tamizado por un tiempo conveniente. Luego se continua con el tamizado individual durante 1 minuto hasta asegurar que no pase más del 1% del peso retenido en cada tamiz. Comprobar el peso retenido en cada tamiz con la balanza y verificar si el peso total después del tamizado coincide con el peso original antes del ensayo. Si la cantidad varía en más del 0.3%, el resultado no debe ser aceptado.

Además, ya con los valores obtenidos se procede a graficar la curva granulométrica del agregado grueso y fino se verifica si dicha curva se encuentra dentro de los límites que establece la normal ASTM C33.

3.7.3.3 Peso específico y absorción del agregado fino

Las normas referentes son el MTC E 205, NTP 400.022 y ASTM C 138.

La finalidad es conocer los valores de peso específico seco, saturado, aparente y porcentaje de absorción del agregado fino.

Los equipos y materiales utilizados son la balanza con sensibilidad de 0.1 gr y capacidad mínima de 1000 gr. Asimismo, horno con capacidad de mantener una temperatura de 110 °C. Además, frasco volumétrico, molde cónico y varilla para apisonado.

Las muestras se obtienen a través del muestreo del agregado (cuarteo) se obtiene la muestra representativa, el cual será de aproximadamente 1 kg.

Los pasos del procedimiento comienzan con secar la muestra en el horno a 110 °C y después se satura con agua durante 24 horas. Posteriormente, se decanta el agua, se extiende el agregado y se deja secar. Al final, se coloca la muestra en el molde cónico, se apisona suavemente con la varilla 25 veces y se levanta el molde.

Asimismo, se introduce 500 gr de muestra en el frasco volumétrico, se satura con agua a una temperatura de 23 °C hasta conseguir los 500 cm³ y se sacude el frasco para eliminar en su totalidad las burbujas de aire. Se determina el peso total del frasco, espécimen y agua.

Además, luego se remueve el agregado fino del frasco y se seca en el horno a 110 ± 5 °C. Finalmente, se deja enfriar a temperatura ambiente y se determina el peso

3.7.3.4 Peso específico y absorción del agregado grueso

Las normas referentes son MTC E 206, NTP 400.021 y ASTM C 127.

La finalidad es conocer los valores de peso específico seco, saturado, aparente y porcentaje de absorción del agregado grueso.

Los equipos y materiales utilizados son la balanza con sensibilidad de 0.5 gr y capacidad mínima de 5000 gr. Cesta con malla de alambre y depósito de agua. Asimismo, tamices: N.º 4 (4.75 mm). Además, horno con capacidad de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

Las muestras se obtienen a través del muestreo del agregado (cuarteo) se obtiene la muestra representativa, la cantidad necesaria será de acuerdo a su tamaño máximo nominal. Asimismo, se descartará todo material que pase el tamiz N.º 4. Luego se lava el material para eliminar impurezas y se seca en el horno.

Los pasos del procedimiento comienzan con secar la muestra en el horno a 110 °C y se deja enfriar a temperatura ambiente. Seguidamente se satura el agregado en agua durante un periodo de 24 horas. Después, se retira la muestra del agua, se hace rodar sobre un paño absorbente hasta desvanecer toda capa de agua visible y se determina el peso. Inmediatamente se deposita la muestra en la cesta de alambre y se obtiene su peso en agua. Finalmente, se seca la muestra en el horno a 110 °C, se deja enfriar a temperatura ambiente y se determina el peso.

3.7.3.5 Contenido de Humedad de los agregados

Referencias normativas:

Las normas referentes son MTC E 215, NTP 339.185, ASTM C566.

La finalidad es conocer los valores del contenido de humedad de los agregados grueso y fino.

Los equipos y materiales utilizados son la balanza con sensibilidad de 0.5 gr y capacidad mínima de 5000 gr. Asimismo, el horno con capacidad de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

Las muestras se obtienen a través del muestreo del agregado (cuarteo) se obtiene la muestra representativa.

Los pasos del procedimiento comienzan con pesar la masa del recipiente o tara, luego se pesa la muestra dentro del recipiente, posterior a ello se lleva la muestra al horno a 110 °C durante 24 horas, para poder obtener el peso de la muestra seca. Luego por diferencia de pesos entre la muestra húmeda y seca se obtiene el contenido de humedad en porcentaje.

3.7.3.6 Peso unitario suelto y compactado

Las normas referentes son el MTC E 203, NTP 400.017 y ASTM C29 / C29M.

La finalidad es conocer el peso unitario que sirve como dato al momento de realizar el diseño de la mezcla de concreto por algún método como por ejemplo del ACI 211.

Los equipos y materiales utilizados son balanzas con sensibilidad de 0.1 gr para agregados finos y 0.5 gr para agregados gruesos. Asimismo, recipiente metálico cilíndrico. Además, varilla compactadora cilíndrica de acero de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud, uno de sus extremos debe ser semiesférico.

Las muestras se obtienen a través del muestreo del agregado (cuarteo).

Los pasos del procedimiento para el peso unitario suelto comienzan con secar la muestra en el horno a 110 °C. Asimismo, colocar la muestra en el recipiente cilíndrico, dejar caer a una altura no mayor de 50 mm, luego enrasar y pesar.

Los pasos del procedimiento para el peso unitario compactado comienzan con secar la muestra en el horno a 110 °C. Asimismo, colocar la muestra en el recipiente cilíndrico en 3 capas, compactando cada capa con 25 golpes con la varilla de acero, luego enrasar y pesar.

3.7.4 Diseño de mezcla y ensayos al concreto

3.7.4.1 Dosificación de materiales

Respecto a la dosificación, se empleó la metodología recomendada por el ACI 211. El cual toma en consideración las características de los agregados. Asimismo, dicha dosificación solo con los participantes tradicionales en la elaboración del concreto se le tomó como base o grupo patrón. Además, posteriormente se realizó mezclas con adiciones de grafeno al grupo patrón “GP”.

Asimismo, tomando en consideración lo que indica la E.060, al respecto de realizar la mezcla de concreto base, se eligió estimar la dosificación para una resistencia de 294 Kg/cm², ya que dicha norma indica que a la resistencia deseada que en este caso es 210 Kg/cm², se le agregue un adicional de resistencia de 84 Kg/cm², que serviría como un factor de seguridad para no conseguir menores resistencias a las verdaderamente necesitadas.

Además, considerando lo antes expuesto para llegar a dicha resistencia se estimó utilizar un factor agua cemento de 0.56.

Ya con el grupo patrón de mezcla de concreto, se adicionó los porcentajes respectivos de grafeno a los 3 grupos adicionales.

3.7.4.2 Asentamiento

Lo resaltante de este ensayo es que permite conocer el slump de la mezcla. Asimismo, se tiene en consideración de su desarrollo a la N.T.P. 339.035.

3.7.4.3 Resistencia a compresión

Los ensayos fueron realizados para la edad 7, 14 y 28 días. Para realizar la rotura de probetas a las edades mencionadas, se utilizó la normatividad expuesta en la N.T.P. 339.034.2015. “Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto” y

la norma ASTM C 39 “Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto”.

3.7.4.4 Resistencia a tracción por la prueba diametral

Resistencia a tracción por medio de la prueba diametral = $2P/\pi LD$

En donde P, es la carga que lleva a la rotura de la probeta. Asimismo, L, es la longitud de dicha probeta, y D es el diámetro de la misma.

Al respecto de la prueba radial para obtener la resistencia a tracción del concreto, se realizó para comprobar y minimizar los márgenes de posibles errores.

3.7.4.5 Resistencia a la flexión, módulo de ruptura

Resistencia a tracción por flexión también conocido como el módulo de ruptura.

En donde P, es la carga con lo la cual la probeta llega a romperse. Asimismo, L, es el valor de lo que distan los apoyos. Además, b y d son el ancho y la altura respectivamente de la sección transversal de la viga.

Módulo de ruptura = $PL/(bd^2)$

En donde P, es la carga con lo la cual la probeta llega a romperse. Asimismo, L, es el valor de lo que distan los apoyos. Además, b y d son el ancho y la altura respectivamente de la sección transversal de la viga

3.8 Técnicas y análisis de datos

Ya realizado las pruebas respectivas, se empezó a analizar los datos obtenidos, a través del software Excel, en dicho programa se armó tablas representativas de los resultados obtenidos, así como también tablas comparativas, gráficos de columnas, y curvas de desarrollo de la resistencia según los días transcurridos.

Al respecto de la granulometría, se presenta en tabla según los tamices utilizados, los porcentajes retenidos, entre otros datos. Asimismo, se presenta en gráfico la curva que forma la granulometría, el cual sirve visualmente para poder observar si el agregado se encuentra dentro de los márgenes recomendados por el ASTM.

Las características de los agregados también se presentan en tablas, los cuales exponen los valores recolectados en laboratorio y los valores obtenidos a través de ellos.

La dosificación de las proporciones a utilizar al respecto de los materiales que participan en la elaboración del concreto, también se presentan en tablas en las cuales se detalla la cantidad a utilizar.

Al respecto de los ensayos de resistencia, se presentan en tablas los valores obtenidos de cada muestra, asimismo, el promedio representativo de un grupo de ellas, dicho dato sirve para graficar en columnas comparativas. Asimismo, comparar en cuanto de porcentaje aumenta o disminuye dicha capacidad de resistencia obtenida.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Para cumplir con los objetivos trazados, previamente se efectuó algunos estudios en el laboratorio, como son el análisis de los agregados, preparación y dosificación de la mezcla, y el ensayo mecánico respectivo. Todos estos datos recolectados permitieron llegar a las conclusiones respectivas de los problemas planteados. Los cuales se exponen a continuación.

Análisis de agregados

Los agregados que participaron en la presente tesis, fueron adquiridos de la cantera Trapiche, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Lima. Asimismo, mencionar que se realizó el análisis de los agregados con el objetivo de recolectar los datos respectivos para la dosificación de la mezcla.

Análisis Granulométrico

Lo que se rescata del análisis granulométrico, es conocer el módulo de fineza del agregado fino, asimismo, de obtener el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Además, para realizar un correcto análisis se siguieron los pasos que indica la N.T.P. 400.012 y ASTM C 136.

Agregado Fino



Figura 8. Agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos en laboratorio al respecto de la granulometría fina, se han colocado en la siguiente tabla. De la cual se puede resaltar que el agregado fino utilizado presentó un módulo de fineza de 3.13. Asimismo, este valor es importante porque al dosificar a través de la metodología del ACI 211, se exige conocer dicho valor.

Tabla 8. Análisis granulométrico del agregado fino

Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
3/8"	9.50 mm				100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	15.0	2.84	2.84	97.16	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	72.0	13.61	16.44	83.56	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	122.0	23.06	39.50	60.50	50.00	85.00
# 30	600 μ m	166.0	31.37	70.88	29.12	25.00	60.00
# 50	300 μ m	85.6	16.18	87.05	12.95	5.00	30.00
# 100	150 μ m	46.4	8.77	95.82	4.18	0.00	10.00
Fondo	-	22.1	4.18	100.00	0.00	-	-
						MF	3.13

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores obtenidos de la granulometría fina en laboratorio, se dibujó una curva la cual se cotejó con los límites que señala el ASTM C33. Pudiendo observar que el agregado fino utilizado, si se encuentra dentro de dichos márgenes.

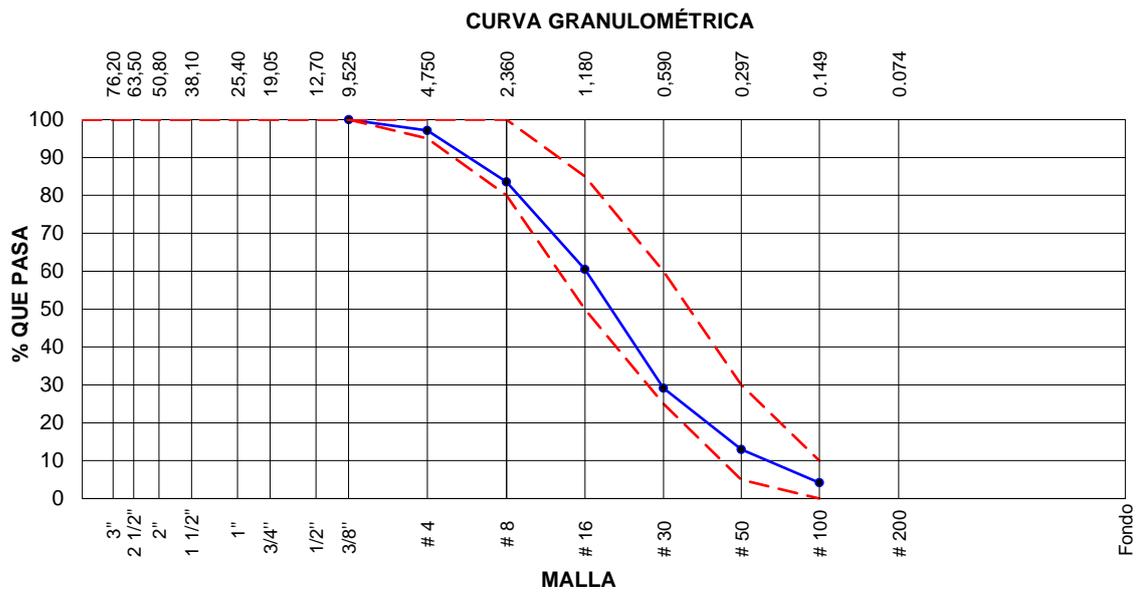


Figura 9. Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia.

Agregado Grueso



Figura 10. Agregado grueso

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos en laboratorio al respecto de la granulometría gruesa, se han colocado en la siguiente tabla. De la cual se puede resaltar que el agregado grueso

utilizado presentó un tamaño máximo nominal (TMN) de 1". Asimismo, se tomó en consideración para escoger dicho valor de TMN, al tamaño de la primera malla en donde se retuvo el paso del agregado estudiado. Además, este valor es importante porque al dosificar a través de la metodología del ACI 211, se exige conocer dicho valor.

Tabla 9. Análisis granulométrico del agregado grueso

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	100.00
1"	25.00 mm	297.2	11.12	11.12	88.88	90.00	100.00
3/4"	19.00 mm	948.8	35.49	46.61	53.39	40.00	85.00
1/2"	12.50 mm	992.0	37.11	83.72	16.28	10.00	40.00
3/8"	9.50 mm	241.8	9.05	92.76	7.24	0.00	15.00
# 4	4.75 mm	193.5	7.24	100.00	0.00	0.00	5.00
# 8	2.36 mm		0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
# 16	1.18 mm		0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
# 30	600 μ m		0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
# 50	300 μ m		0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
# 100	150 μ m		0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Fondo	-	0.0	0.00	100.00	0.00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores obtenidos de la granulometría gruesa en laboratorio, se dibujó una curva la cual se cotejó con los límites que señala el ASTM C33. Pudiendo observar que el agregado grueso utilizado, si se encuentra dentro de dichos márgenes.

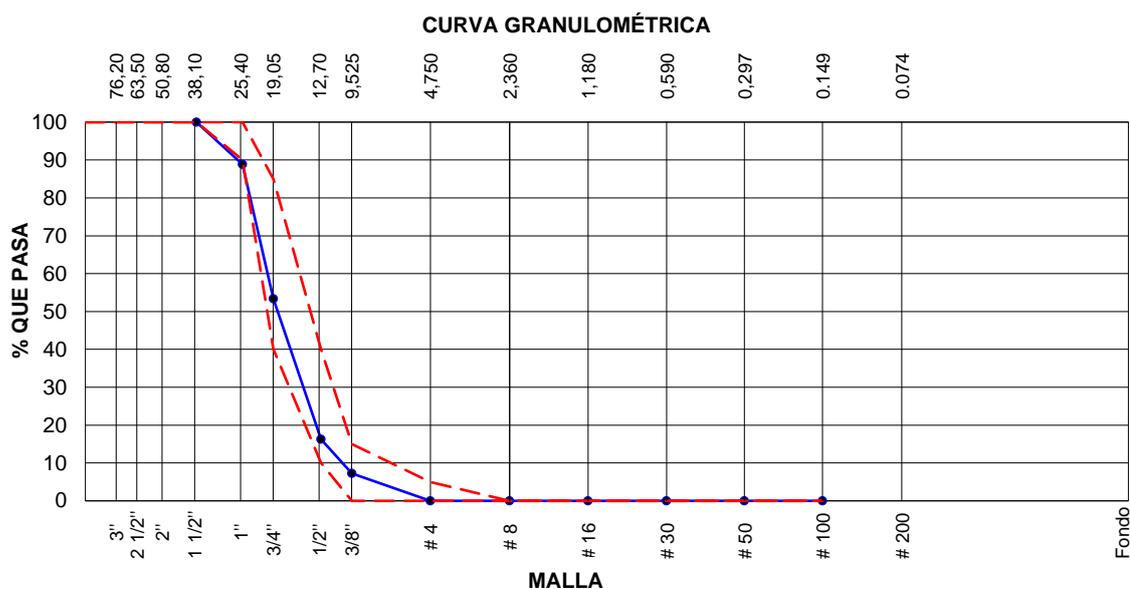


Figura 11. Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia.

Contenido de humedad

Para realizar un correcto procedimiento se siguieron los pasos que indica la ASTM C566.

Para el agregado grueso, los datos que se obtuvieron en el ensayo, son el peso de la muestra antes de ingresarlo a secar al horno (muestra húmeda), así como también el peso después de que la muestra fue secada en el horno durante 1 día (muestra seca). Ya con dichos valores se opera para obtener el porcentaje de humedad el cual tiene un valor de 0.17%, como se expone en la siguiente tabla.

Tabla 10. Contenido de humedad del agregado grueso

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS
1	Masa del Recipiente	g	202.0
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	3225.0
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	3220.0
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.17

Fuente: Elaboración propia.

Para el agregado fino, los datos que se obtuvieron en el ensayo, son el peso de la muestra antes de ingresarlo a secar al horno (muestra húmeda), así como también el peso después de que la muestra fue secada en el horno durante 1 día (muestra seca). Ya con dichos valores se opera para obtener el porcentaje de humedad el cual tiene un valor de 0.67%, como se expone en la siguiente tabla.

Tabla 11. Contenido de humedad del agregado fino

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS
1	Masa del Recipiente	g	72.0
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	729.7
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	725.3
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.67

Fuente: Elaboración propia.

Peso unitario suelto (PUS) y compactado (PUC)

Para realizar un correcto análisis se siguieron los pasos que indica la ASTM C29 / C29M.



Figura 12. Peso unitario suelto y compactado de agregado fino

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se exponen los datos obtenidos en el laboratorio, cabe resaltar que el ensayo se realizó 3 veces con el propósito de obtener un promedio de dichos 3 resultados, que fue de 1578 Kg/m³ para el PUS fino.

Tabla 12. Peso unitario suelto del agregado fino

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.070	1.070	1.070	
Volumen de molde (m ³)	0.002875	0.002875	0.002875	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	5.587	5.585	5.647	
Peso de muestra suelta (kg)	4.517	4.515	4.577	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m³)	1571	1570	1592	1578

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se exponen los datos obtenidos en el laboratorio, cabe resaltar que el ensayo se realizó 3 veces con el propósito de obtener un promedio de dichos 3 resultados, que fue de 1829 Kg/m³ para el PUC fino. Asimismo, adicional a lo que se hace para hallar el PUS también se compacta en 3 capas al momento de llenar el recipiente.

Tabla 13. Peso unitario compactado del agregado fino

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	1.070	1.070	1.070	
Volumen de molde (m ³)	0.002875	0.002875	0.002875	
Peso de molde + muestra compactada (kg)	6.349	6.336	6.303	
Peso de muestra compactada (kg)	5.279	5.266	5.233	
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m³)	1836	1832	1820	1829

Fuente: Elaboración propia.



Figura 13. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se exponen los datos obtenidos en el laboratorio, cabe resaltar que el ensayo se realizó 3 veces con el propósito de obtener un promedio de dichos 3 resultados, que fue de 1510 Kg/m³ para el PUS grueso.

Tabla 14. Peso unitario suelto del agregado grueso

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	2.251	2.251	2.251	
Volumen de molde (m ³)	0.009113	0.009113	0.009113	
Peso de molde + muestra suelta (kg)	16.018	16.000	16.016	
Peso de muestra suelta (kg)	13.767	13.749	13.765	
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1511	1509	1510	1510

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se exponen los datos obtenidos en el laboratorio, cabe resaltar que el ensayo se realizó 3 veces con el propósito de obtener un promedio de dichos 3 resultados, que fue de 1623 Kg/m³ para el PUC grueso. Asimismo, adicional a lo que se hace para hallar el PUS también se compacta en 3 capas al momento de llenar el recipiente.

Tabla 15. Peso unitario compactado del agregado grueso

IDENTIFICACIÓN	1	2	3	PROMEDIO
Peso de molde (kg)	2.251	2.251	2.251	
Volumen de molde (m3)	0.009113	0.009113	0.009113	
Peso de molde + muestra compactada (kg)	17.048	17.040	17.036	
Peso de muestra compactada (kg)	14.797	14.789	14.785	
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m3)	1624	1623	1622	1623

Fuente: Elaboración propia.

Peso específico (PE) y absorción del agregado fino

Para realizar un correcto análisis se siguieron los pasos que indica la ASTM C128.

En la figura siguiente, se evidencia uno de los pasos que se tiene que realizar para estimar el estado saturado con superficie seca de la muestra. A través de utilizar el conito de arena para este fin.



Figura 14. Conito de arena

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se exponen los datos obtenidos en el laboratorio, cabe resaltar que operando dichos valores se obtuvo un peso específico de 2568 Kg/m³ y 2.46% de absorción en el agregado fino.

Tabla 16. Peso específico y absorción del agregado fino

	IDENTIFICACIÓN	1
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	500.0
B	Peso Frasco + agua	648.3
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS	953.6
D	Peso del Mat. Seco	488.0
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = $D/(B+A-C)$		2.506
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = $A/(B+A-C)$		2.568
Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = $D/(B+D-C)$		2.671
% Absorción = $100*((A-D)/D)$		2.46

Fuente: Elaboración propia.

Peso específico (PE) y absorción del agregado grueso

Para realizar un correcto análisis se siguieron los pasos que indica la ASTM C127.

En la figura siguiente, se evidencia uno de los pasos que se tiene que realizar para estimar el peso en el agua de la muestra.



Figura 15. Pesando la muestra en agua

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se exponen los datos obtenidos en el laboratorio, cabe resaltar que operando dichos valores se obtuvo un peso específico de 2729 Kg/m³ y 0.39% de absorción en el agregado grueso.

Tabla 17. Datos P.E y absorción del agregado grueso

DATOS		A
1	Peso de la muestra sss	2595.0
2	Peso de la muestra sss sumergida	1644.0
3	Peso de la muestra secada al horno	2585.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Resultados P.E y absorción del agregado grueso

RESULTADOS	1
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.718
PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S	2.729
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.747
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	0.39

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de Mezclas

Para realizar la estimación de la cantidad en peso de lo que se utilizó en la mezcla, se recurrió a la metodología que indica el ACI 211. Con la cual se dosificó para obtener el concreto patrón (GP), que sirvió de base para formar grupos con adición de grafeno en porcentajes diferentes.

Se consideró lo que indica la E.060 al respecto de la resistencia sobre la cual se tiene que dosificar, cuando no existen datos previos de haber realizado la elaboración de concreto, entonces, se asumió agregar un factor de seguridad para la resistencia con un valor de 84 Kg/cm² mayor a la realmente requerida que es 210 Kg/cm², por lo tanto, se dosificó para alcanzar una resistencia de 294 Kg/cm².

Los datos necesarios recolectados del estudio de las características de los agregados y de los otros participantes en la mezcla de concreto, se exponen en la siguiente tabla.

Tabla 19. Datos del estudio de los materiales

Material	Peso específico (Kg/m³)						
		Humedad (%)	Abs (%)	MF	P.U.S	P.U.C	TMN
Cemento	3110						
Agua	1000						
Agregado grueso	2718	0.17	0.39	6.39	1510	1623	1"
Agregado fino	2506	0.67	2.46	3.13	1578	1829	---

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró dosificar para un slump de 7.5 cm a 10 cm.

Se cotejó teniendo como base de referencia las tablas del ACI 211, el cual señala que para ese slump requerido y TMN de 1” en el agregado, se utiliza 193 L/m³. Asimismo, a la par considerando esos datos previos, se asume un contenido 1.5% de aire.

Para una resistencia de 294 Kg/cm², se interpoló obteniendo 0.55 el valor que relaciona la cantidad de agua y cemento.

Se operó el factor de 0.55 con el valor de la cantidad de agua 193 L/m³, para así obtener la cantidad de cemento, que es 350.9 Kg.

Se cotejó los valores del TMN Y MF en la tabla del ACI 211, para obtener el factor de 0.637, el cual se multiplicó con el PUC. Y así se obtuvo 1033.85 Kg de agregado grueso.

Para estimar la cantidad de agregado fino utilizado en la mezcla, se multiplico el peso específico por el peso de los insumos ya hallado (cemento, agua, agregado grueso, aire) con la finalidad de obtener el volumen que ocupan estos en la mezcla total que tiene por volumen total 1 m³. Asimismo, entonces, se suman los volúmenes de los insumos ya hallados, y lo que falta para llegar a 1 m³ es el volumen que debe ocupar el agregado fino. Y ya con el volumen del fino y su peso específico se puede obtener la cantidad en Kg a utilizar de dicho agregado fino.

En la tabla siguiente, se presentan los pesos estimados de los participantes de la mezcla en seco.

Tabla 20. Dosificación con agregados en estado seco

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	351	Kg
Agua	193	Litro
Agregado grueso	1034	Kg
Agregado fino	749	Kg

Fuente: Elaboración propia.

La tabla previamente expuesta, es asumiendo que los agregados estén secos. Que quiere decir que no presenten humedad ni absorción. Pero como se sabe en un trabajo real no es así. Por ende, se tiene que hacer un arreglo a la dosificación con la consideración de las características de los agregados.

Se consideró la humedad que aporta cada tipo de agregado, multiplicando el peso por el porcentaje de humedad respectivo. Entonces se halló valores de 1035.6 Kg en el grueso y 753.8 Kg en el fino.

Se estimó la humedad superficial que es la diferencia entre el valor de la humedad y la absorción. Así se halló los valores de -0.2% en el grueso y 1.8% en el fino.

Se operó multiplicando la humedad superficial por el peso del agregado húmedo. Entonces se obtuvo -2.3 L en el grueso y -13.4 L en el fino. Asimismo, al sumar ambos valores se obtuvo un valor de -15.7 L.

Se calculó la cantidad de agua restando lo que aportan o quitan los agregados, en este caso 193 L menos los -15.7 L, que es igual a 208.7 L.

En la tabla siguiente, se presentan los pesos estimados de los participantes de la mezcla con el ajuste de humedad respectivo.

Tabla 21. Dosificación ajustada por humedad

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	351	Kg
Agua	209	Litro
Agregado grueso	1036	Kg
Agregado fino	754	Kg

Fuente: Elaboración propia.

Grupo Patrón (GP):

En la tabla siguiente, se expone la cantidad utilizada en proporciones a la capacidad aproximada de la mezcladora. Teniendo en cuenta realizar mezclas de 0.043 m³ por tanda.

Tabla 22. Dosificación concreto patrón

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	15.09	Kg
Agua	8.99	Litro
Agregado grueso	44.55	Kg
Agregado fino	32.42	Kg

Fuente: Elaboración propia.

Grupo 1 (G1):

La cantidad de grafeno para este grupo fue de 0.025% en relación a lo que pesó el cemento.

En la tabla siguiente, se expone la cantidad utilizada en proporciones a la capacidad aproximada de la mezcladora. Teniendo en cuenta realizar mezclas de 0.043 m³ por tanda.

Tabla 23. Dosificación concreto grupo 1

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	15.09	Kg
Agua	8.99	Litro
Agregado grueso	44.55	Kg
Agregado fino	32.42	Kg
Grafeno	3.773	g

Fuente: Elaboración propia.

Grupo 2 (G2):

La cantidad de grafeno para este grupo fue de 0.05% en relación a lo que pesó el cemento.

En la tabla siguiente, se expone la cantidad utilizada en proporciones a la capacidad aproximada de la mezcladora. Teniendo en cuenta realizar mezclas de 0.043 m³ por tanda.

Tabla 24. Dosificación concreto grupo 2

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	15.09	Kg
Agua	8.99	Litro
Agregado grueso	44.55	Kg
Agregado fino	32.42	Kg
Grafeno	7.547	g

Fuente: Elaboración propia.

Grupo 3 (G3):

La cantidad de grafeno para este grupo fue de 0.075% en relación a lo que pesó el cemento.

En la tabla siguiente, se expone la cantidad utilizada en proporciones a la capacidad aproximada de la mezcladora. Teniendo en cuenta realizar mezclas de 0.043 m³ por tanda.

Tabla 25. Dosificación concreto grupo 3

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	15.09	Kg
Agua	8.99	Litro
Agregado grueso	44.55	Kg
Agregado fino	32.42	Kg
Grafeno	11.320	g

Fuente: Elaboración propia.

Observaciones

La procedencia o marca de lo que se utilizó en la mezcla son las siguientes:

- Cemento marca Sol Tipo I.
- Agregados (grueso y fino) de la cantera Trapiche.
- Grafeno importado de china.

En la figura siguiente, se muestra la mezcladora utilizada en la elaboración de la mezcla.



Figura 16. Mezcladora para el concreto

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se muestra el paso siguiente de utilizar la mezcladora, el concreto elaborado se vació en los moldes respectivos, tanto en probetas en forma de cilindro, como en vigas en forma de prisma. Asimismo, también se les colocó etiquetas para reconocer a los distintos grupos establecidos.



Figura 17. Probetas marcadas

Fuente: Elaboración propia.

Asentamiento

Para realizar un correcto análisis se siguieron los pasos que indica la N.T.P. 339.035.

Tabla 26. Medida del asentamiento

GRUPO	SLUMP (pulgada)	SLUMP (cm)
GP	3.1	8
G1	3.5	9
G2	3.9	10
G3	4.1	10.5

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se representa mediante columnas los resultados del slump obtenidos de los grupos establecidos. En el cual se aprecia que el grupo patrón presenta un slump de 3.1". Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observan valores de 3.5", 3.9", y 4.1" en G1, G2 y G3 respectivamente. Por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional al slump del concreto.

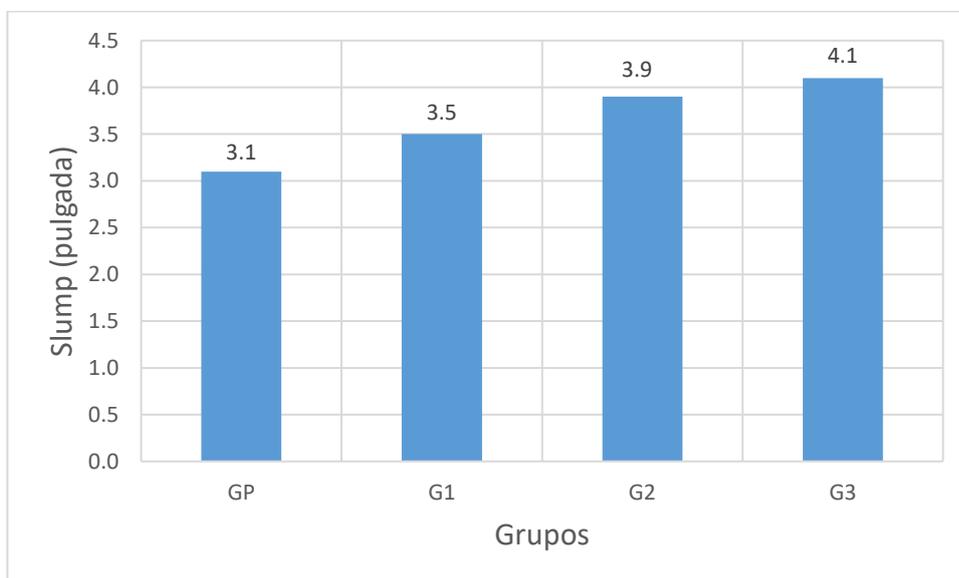


Figura 18. Slump obtenidos de los grupos GP, G1, G2, y G3

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se aprecia el proceso realizado para medir el slump, que tiene como proceso final, el retirar el molde (cono), acomodarlo de manera inversa, asimismo, colocar sobre el la varilla para tenerlo de referencia y medir.

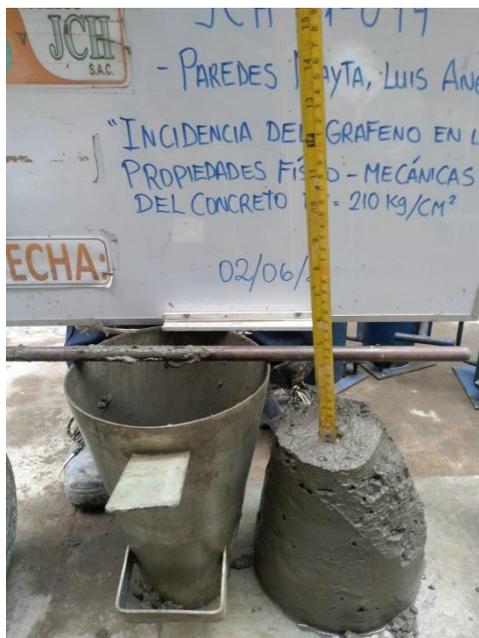


Figura 19. Medida del slump.

Fuente: Elaboración propia.

Curado del concreto

Para realizar un correcto análisis se siguieron los pasos que indica la N.T.P. 339.033.2009. Que fundamentalmente consistió en sumergir las muestras en agua hasta el día del ensayo asignado.

Resistencia a la compresión

Para realizar un correcto análisis se siguieron los pasos que indica la N.T.P. 339.034.2015 y ASTM C 39.

Resultados a los 7 días

En la siguiente tabla, se presentan las resistencias obtenidas en los ensayos a la muestra a los 7 días. Asimismo, se puede observar que se realizó 3 pruebas por grupo, para así obtener un promedio y por ende resultados más confiables. Además, resaltar que el grupo patrón llegó a un valor de resistencia de 209 Kg/cm², 204 Kg/cm², y 206 Kg/cm² en sus 3 ensayos respectivos. Y que el grupo en el cual se evidencia mayor resistencia es el grupo G3 con 278 Kg/cm² en el máximo valor de sus 3 ensayos.

Tabla 27. Resistencia a compresión obtenida a los 7 días

GRUPO	Resistencia especificada (Kg/cm²)	Resistencia requerida (Kg/cm²)	Resistencia obtenida (Kg/cm²)	Promedio (Kg/cm²)
GP	210	294	209	206
	210	294	204	
	210	294	206	
G1	210	294	238	243
	210	294	245	
	210	294	245	
G2	210	294	263	261
	210	294	262	
	210	294	259	
G3	210	294	278	275
	210	294	274	
	210	294	273	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se presenta a través de columnas los valores obtenidos de operar el promedio de las 3 muestras ensayadas por cada grupo. En el cual se aprecia que el grupo patrón presenta un valor de 206 Kg/cm². Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observan valores de 243 Kg/cm², 261 Kg/cm², y 275 Kg/cm² en G1, G2 y G3 respectivamente. Por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a compresión del concreto.

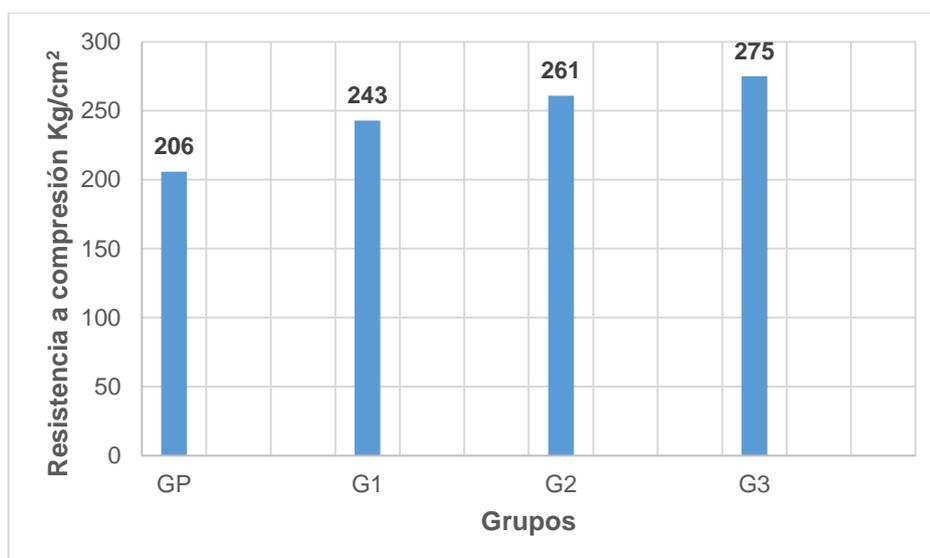


Figura 20. Resistencia a compresión a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se presenta el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 18%, 27%, y 33% en G1, G2 y G3 respectivamente.

Tabla 28. Porcentajes de la resistencia a compresión a los 7 días

Grupo	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)	
	7 días	Porcentaje %
GP	206	100
G1	243	118
G2	261	127
G3	275	133

Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente, se presenta en columnas el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 18%, 27%, y 33% en G1, G2 y G3 respectivamente y que visualmente se puede apreciar que cada gráfico de columna tiene mayor tamaño conforme tiene mayor cantidad de grafeno en su composición. Por ende, se puede inferir que el porcentaje de

grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a compresión del concreto.

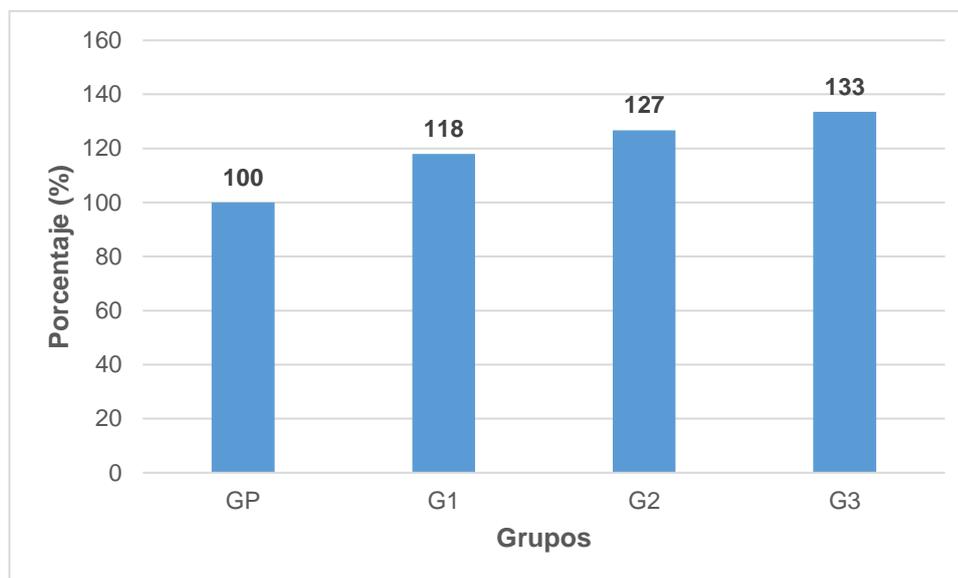


Figura 21. Resistencia a compresión a los 7 días en porcentajes.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados a los 14 días

En la siguiente tabla, se presentan las resistencias obtenidas en los ensayos a la muestra a los 14 días. Asimismo, se puede observar que se realizó 3 pruebas por grupo, para así obtener un promedio y por ende resultados más confiables. Además, resaltar que el grupo patrón llegó a un valor de resistencia de 256 Kg/cm², 269 Kg/cm², y 257 Kg/cm² en sus 3 ensayos respectivos. Y que el grupo en el cual se evidencia mayor resistencia es el grupo G3 con 337 Kg/cm² en el máximo valor de sus 3 ensayos.

Tabla 29. Resistencia a compresión obtenida a los 14 días

GRUPO	Resistencia especificada (Kg/cm ²)	Resistencia requerida (Kg/cm ²)	Resistencia obtenida (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
GP	210	294	256	261
	210	294	269	
	210	294	257	
G1	210	294	291	292
	210	294	293	
	210	294	293	

G2	210	294	301	309
	210	294	318	
	210	294	307	
G3	210	294	332	333
	210	294	330	
	210	294	337	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se presenta a través de columnas los valores obtenidos de operar el promedio de las 3 muestras ensayadas por cada grupo. En el cual se aprecia que el grupo patrón presenta un valor de 261 Kg/cm². Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observan valores de 292 Kg/cm², 309 Kg/cm², y 333 Kg/cm² en G1, G2 y G3 respectivamente. Por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a compresión del concreto.

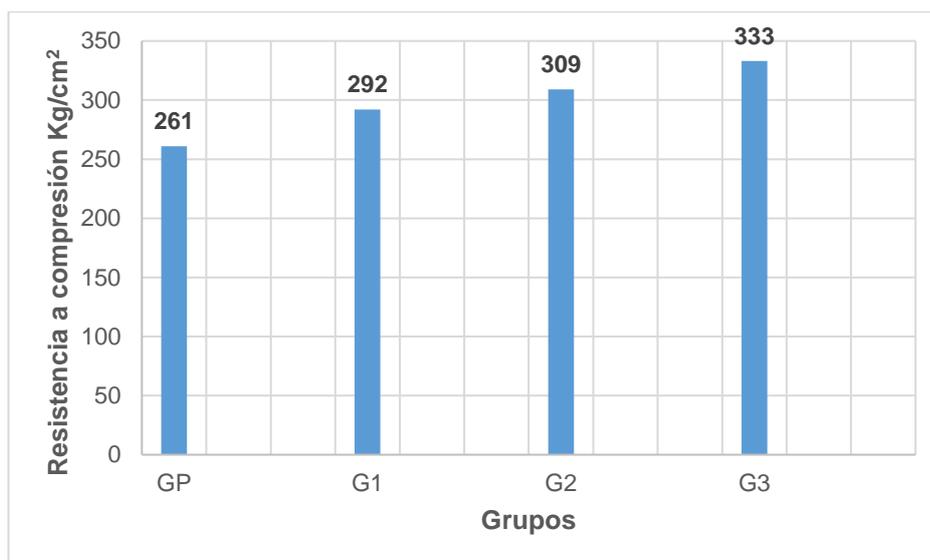


Figura 22. Resistencia a compresión a los 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se presenta el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 12%, 18%, y 28% en G1, G2 y G3 respectivamente.

Tabla 30. Porcentajes de la resistencia a compresión a los 14 días

Grupo	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)	
	14 días	Porcentaje %
GP	261	100
G1	292	112
G2	309	118
G3	333	128

Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente, se presenta en columnas el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 12%, 18%, y 28% en G1, G2 y G3 respectivamente y que visualmente se puede apreciar que cada grafico de columna tiene mayor tamaño conforme tiene mayor cantidad de grafeno en su composición. Por ende, se puede inferir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a compresión del concreto.

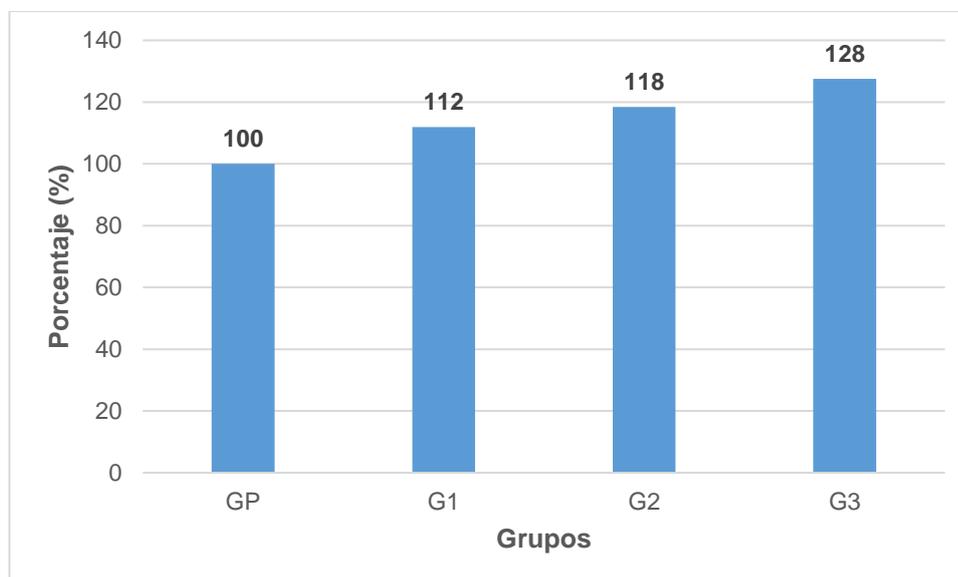


Figura 23. Resistencia a compresión a los 14 días en porcentajes.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados a los 28 días

En la siguiente tabla, se presentan las resistencias obtenidas en los ensayos a la muestra a los 28 días. Asimismo, se puede observar que se realizó 3 pruebas por grupo, para así obtener un promedio y por ende resultados más confiables. Además, resaltar que el grupo patrón llegó a un valor de resistencia de 282 Kg/cm², 294 Kg/cm², y 295 Kg/cm² en sus 3 ensayos respectivos. Y que el grupo en el cual se evidencia mayor resistencia es el grupo G3 con 365 Kg/cm² en el máximo valor de sus 3 ensayos.

Tabla 31. Resistencia a compresión obtenida a los 28 días

GRUPO	Resistencia especificada (Kg/cm²)	Resistencia requerida (Kg/cm²)	Resistencia obtenida (Kg/cm²)	Promedio (Kg/cm²)
GP	210	294	282	290
	210	294	294	
	210	294	295	
G1	210	294	324	325
	210	294	333	
	210	294	317	
G2	210	294	348	343
	210	294	345	
	210	294	336	
G3	210	294	365	363
	210	294	362	
	210	294	363	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se presenta a través de columnas los valores obtenidos de operar el promedio de las 3 muestras ensayadas por cada grupo. En el cual se aprecia que el grupo patrón presenta un valor de 290 Kg/cm². Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observan valores de 325 Kg/cm², 343 Kg/cm², y 363 Kg/cm² en G1, G2 y G3 respectivamente. Por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a compresión del concreto.

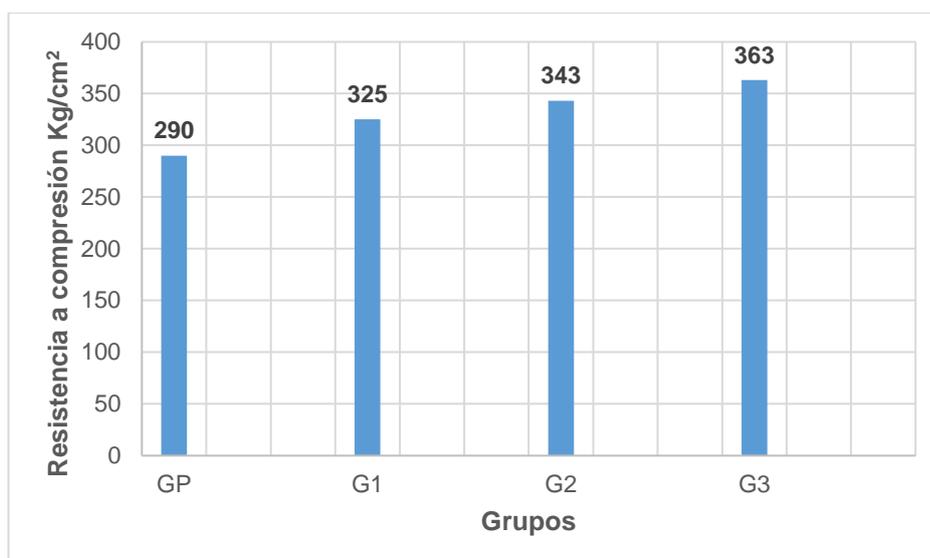


Figura 24. Resistencia a compresión a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla siguiente, se presenta el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 12%, 18%, y 25% en G1, G2 y G3 respectivamente.

Tabla 32. Porcentajes de la resistencia a compresión a los 28 días

Grupo	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)	
	28 días	Porcentaje %
GP	290	100
G1	325	112
G2	343	118
G3	363	125

Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente, se presenta en columnas el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 12%, 18%, y 25% en G1, G2 y G3 respectivamente y que visualmente se puede apreciar que cada gráfico de columna tiene mayor tamaño conforme tiene mayor cantidad de grafeno en su composición. Por ende, se puede inferir que el porcentaje de

grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a compresión del concreto.

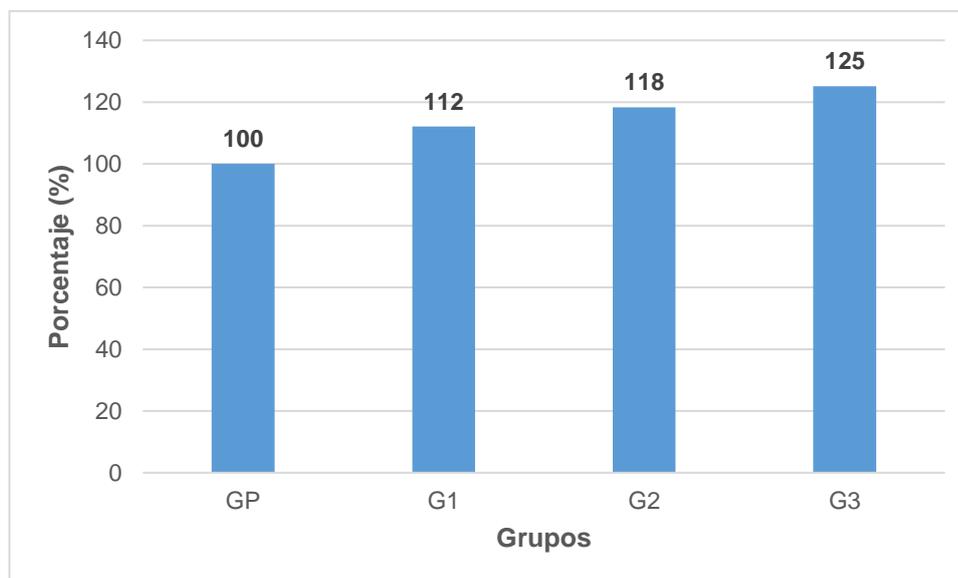


Figura 25. Resistencia a compresión a los 28 días en porcentajes.

Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a compresión en general a los 7, 14 y 28 días

En la siguiente tabla, se presenta el resultado promedio de los 3 ensayos obtenidos a los 7, 14 y 28 días de todos los grupos. Asimismo, se puede observar que el grupo patrón a los 7 días es quien menor valor presenta 206 Kg/cm², y el grupo 3 es quien mayor valor presenta a los 28 días alcanzando un valor de 363 Kg/cm².

Tabla 33. Resistencia a compresión obtenida a los 7, 14, y 28 días

Grupo	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
GP	206	261	290
G1	243	292	325
G2	261	309	343
G3	275	333	363

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura, se ha trazado curvas con la finalidad de presentar un análisis gráfico comparativo. Asimismo, se puede observar que entre la curva del grupo patrón y el grupo 1, es en donde existe visualmente mayor distancia, que representa entonces que entre ellos es en donde ha existido mayor variación significativa respecto a la resistencia a la compresión.

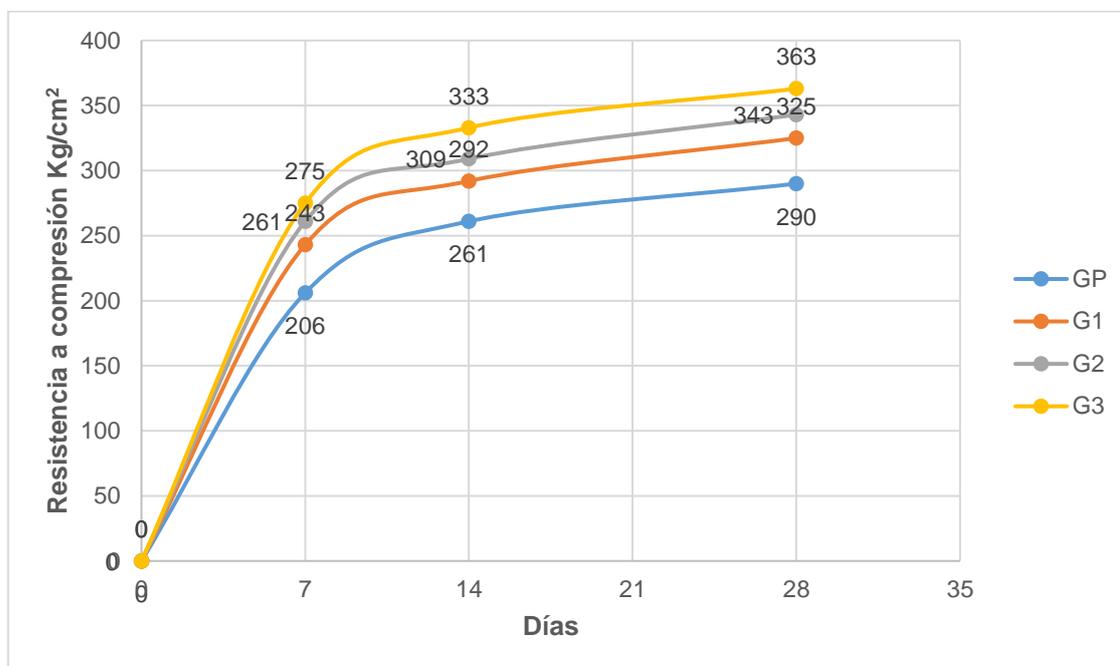


Figura 26. Resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días de todos los grupos

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se muestra mediante columnas las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días de todos los grupos, con la finalidad de presentar un análisis gráfico comparativo. Asimismo, se puede observar que entre la columna del grupo patrón y el grupo 1, es en donde existe visualmente mayor distancia, que representa entonces que entre ellos es en donde ha existido mayor variación significativa respecto a la resistencia a la compresión.

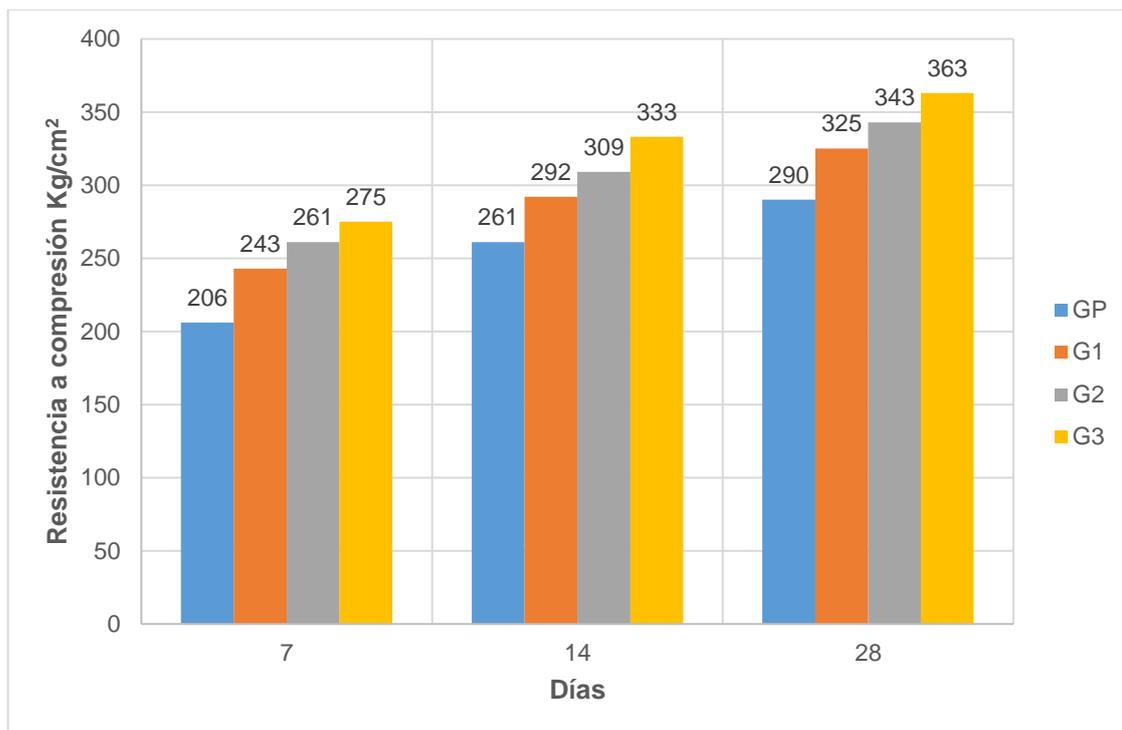


Figura 27. Columnas de resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

Grupo Patrón

En la siguiente tabla, se presenta los porcentajes de las resistencias alcanzadas a los 7, 14, y 28 días. Asimismo, tomando en consideración que a los 28 días es que se asume que el concreto llega al 100% de su resistencia.

Tabla 34. Porcentajes de la resistencia a compresión del grupo patrón.

Grupo	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
GP	206	261	290
Porcentaje %	71.0	90.0	100

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura, se graficó una curva con los valores de resistencia en porcentajes obtenidos a los 7, 14, y 28 días. Asimismo, cabe resaltar que a los 7 días se produce el

primer gran salto de resistencia llegando a alcanzar el 71%. Además, dicha curva es similar a como se desarrolla un concreto de manera normal.

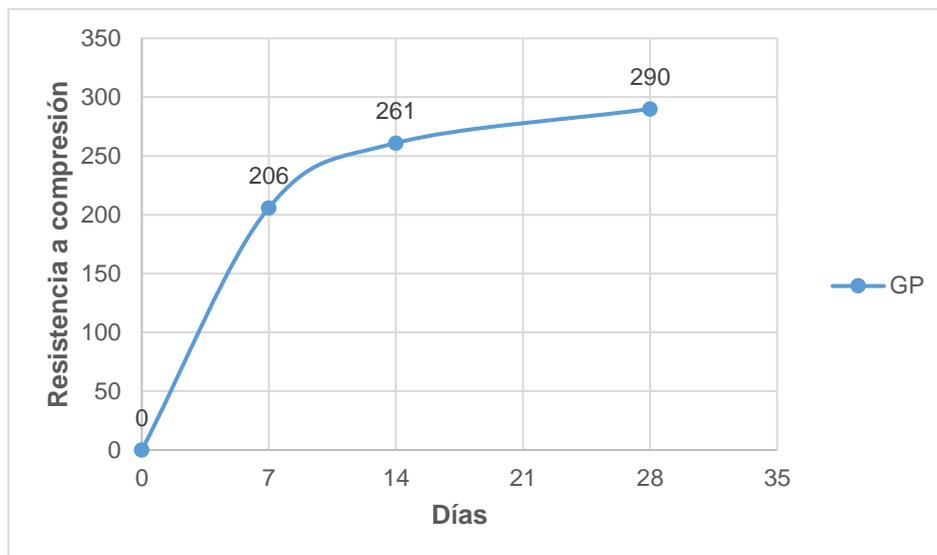


Figura 28. Resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días del grupo Patrón

Fuente: Elaboración propia.

Grupo 1

En la siguiente tabla, se presenta los porcentajes de las resistencias alcanzadas a los 7, 14, y 28 días del grupo 1. Asimismo, tomando en consideración que a los 28 días es que se asume que el concreto llega al 100% de su resistencia.

Tabla 35. Porcentajes de la resistencia a compresión del grupo 1 (G1).

Grupo	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
G1	243	292	325
Porcentaje %	74.8	89.8	100

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura, se graficó una curva con los valores de resistencia en porcentajes obtenidos a los 7, 14, y 28 días del grupo 1. Asimismo, cabe resaltar que a los 7 días se

produce el primer gran salto de resistencia llegando a alcanzar el 74.8%. Además, dicha curva es similar a como se desarrolla un concreto de manera normal.

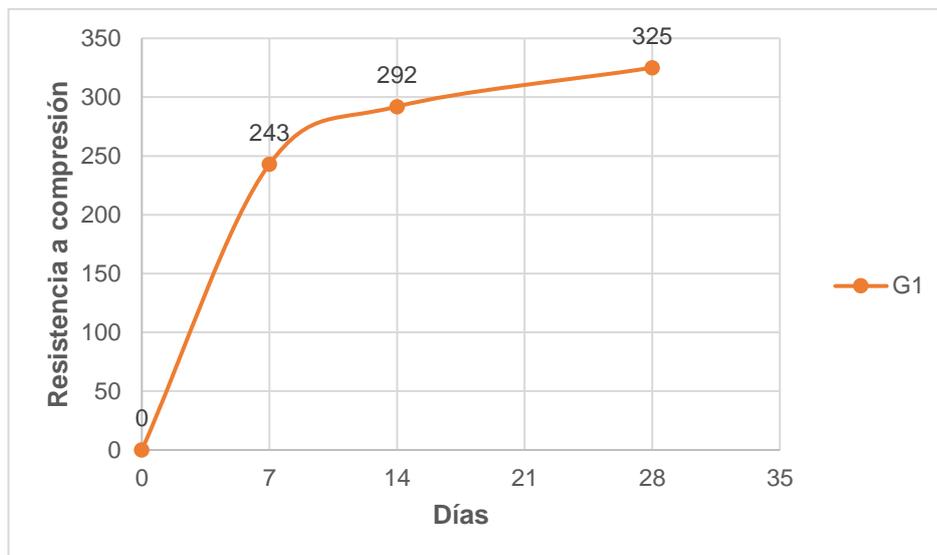


Figura 29. Resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días del grupo 1 (G1)

Fuente: Elaboración propia.

Grupo 2

En la siguiente tabla, se presenta los porcentajes de las resistencias alcanzadas a los 7, 14, y 28 días del grupo 2. Asimismo, tomando en consideración que a los 28 días es que se asume que el concreto llega al 100% de su resistencia.

Tabla 36. Porcentajes de la resistencia a compresión del grupo 2 (G2)

Grupo	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
G2	261	309	343
Porcentaje %	76.1	90.1	100

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura, se graficó una curva con los valores de resistencia en porcentajes obtenidos a los 7, 14, y 28 días del grupo 2. Asimismo, cabe resaltar que a los 7 días se

produce el primer gran salto de resistencia llegando a alcanzar el 76.1%. Además, dicha curva es similar a como se desarrolla un concreto de manera normal.

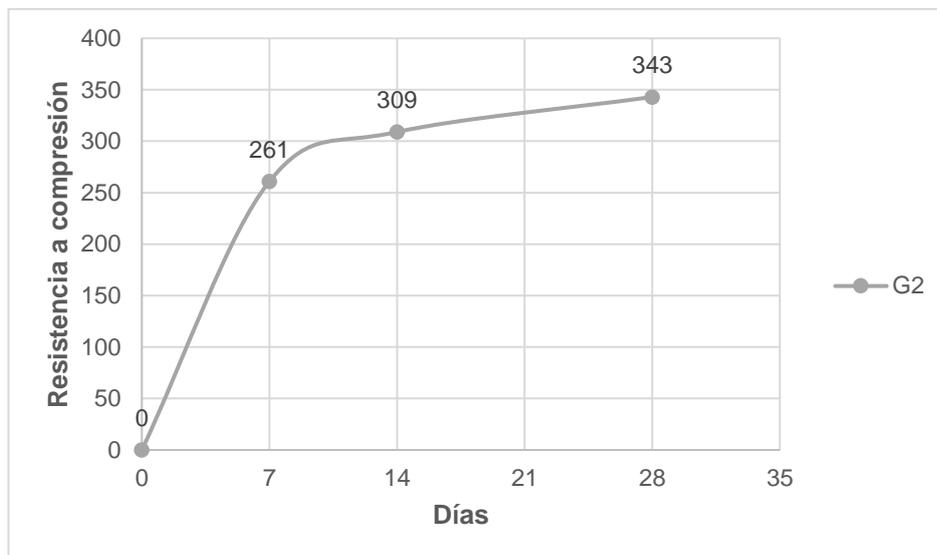


Figura 30. Resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días del grupo 2 (G2)

Fuente: Elaboración propia.

Grupo 3

En la siguiente tabla, se presenta los porcentajes de las resistencias alcanzadas a los 7, 14, y 28 días del grupo 3. Asimismo, tomando en consideración que a los 28 días es que se asume que el concreto llega al 100% de su resistencia.

Tabla 37. Porcentajes de la resistencia a compresión del grupo 3 (G3)

Grupo	Resistencia a compresión (Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
G3	275	333	363
Porcentaje %	75.8	91.7	100

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura, se graficó una curva con los valores de resistencia en porcentajes obtenidos a los 7, 14, y 28 días del grupo 2. Asimismo, cabe resaltar que a los 7 días se produce el primer gran salto de resistencia llegando a alcanzar el 75.8%. Además, dicha curva es similar a como se desarrolla un concreto de manera normal.

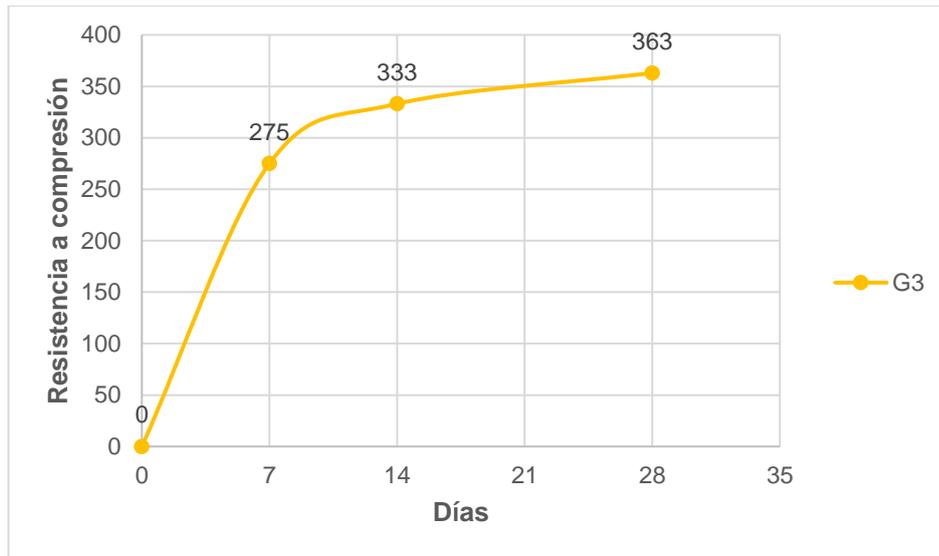


Figura 31. Resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días del grupo 3 (G3)

Fuente: Elaboración propia.



Figura 32. Prueba a compresión

Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la tracción por la prueba diametral

Resistencia a la tracción por la prueba diametral a los 7 días

En la siguiente tabla, se presentan las resistencias obtenidas en los ensayos a la muestra a los 7 días. Asimismo, se puede observar que se realizó 3 pruebas por grupo, para así obtener un promedio y por ende resultados más confiables. Además, resaltar que el grupo patrón llegó a un valor de resistencia de 21.8 Kg/cm², 21.7 Kg/cm², y 21.2 Kg/cm² en sus 3 ensayos respectivos. Y que el grupo en el cual se evidencia mayor resistencia es el grupo G3 con 25.8 Kg/cm² en el máximo valor de sus 3 ensayos.

Tabla 38. Resultados de la prueba a tracción, a los 7 días

GRUPO	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
GP	21.8	22
	21.7	
	21.2	
G1	22.7	23
	22.9	
	23.1	
G2	24.7	25
	24.3	
	24.8	
G3	25.2	26
	25.6	
	25.8	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se presenta a través de columnas los valores obtenidos de operar el promedio de las 3 muestras ensayadas por cada grupo. En el cual se aprecia que el grupo patrón presenta un valor de 22 Kg/cm². Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observan valores de 23 Kg/cm², 25 Kg/cm², y 26 Kg/cm² en G1, G2 y G3 respectivamente. Por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a tracción del concreto.

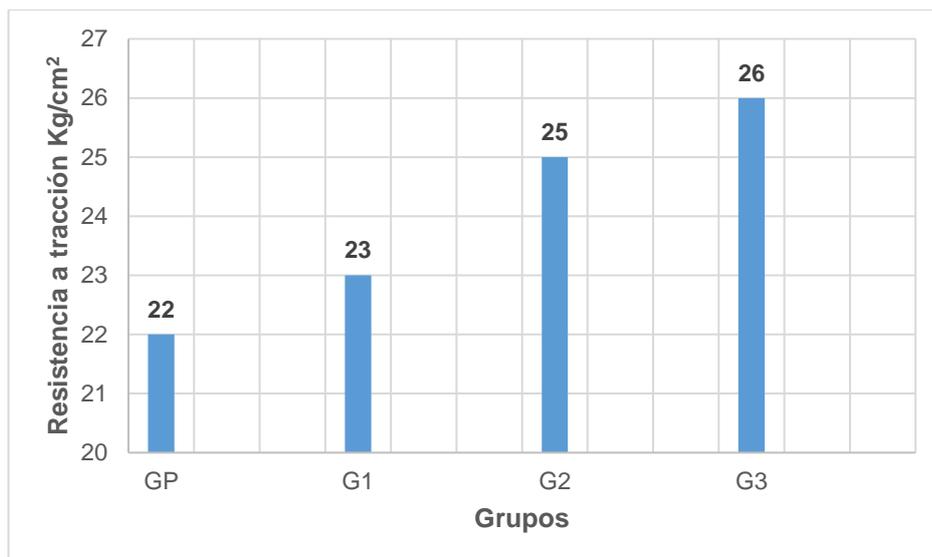


Figura 33. Resistencia a tracción a los 7 días

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se presenta el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 5%, 14%, y 18% en G1, G2 y G3 respectivamente.

Tabla 39. Porcentajes de la resistencia a tracción a los 7 días

Grupo	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	
	7 días	Porcentaje %
GP	22	100
G1	23	105
G2	25	114
G3	26	118

Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente, se presenta en columnas el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 5%, 14%, y 18% en G1, G2 y G3 respectivamente y que visualmente se puede apreciar que cada gráfico de columna tiene mayor tamaño conforme tiene mayor cantidad de grafeno en su composición. Por ende, se puede inferir que el porcentaje de

grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a tracción del concreto.

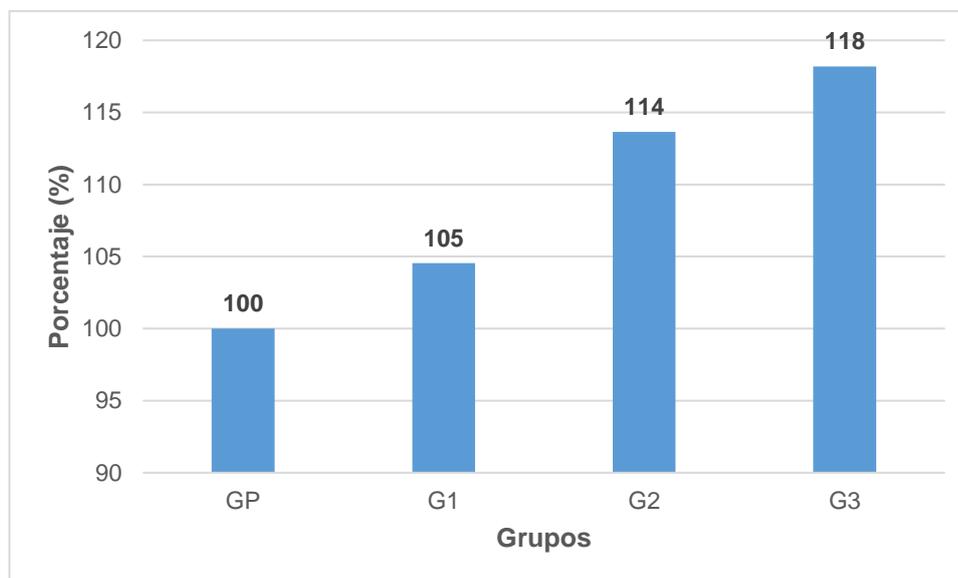


Figura 34. Resistencia a tracción a los 7 días en porcentajes

Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la tracción por la prueba diametral a los 14 días

En la siguiente tabla, se presentan las resistencias obtenidas en los ensayos a la muestra a los 14 días. Asimismo, se puede observar que se realizó 3 pruebas por grupo, para así obtener un promedio y por ende resultados más confiables. Además, resaltar que el grupo patrón llegó a un valor de resistencia de 25.4 Kg/cm², 24.5 Kg/cm², y 24 Kg/cm² en sus 3 ensayos respectivos. Y que el grupo en el cual se evidencia mayor resistencia es el grupo G3 con 29.1 Kg/cm² en el máximo valor de sus 3 ensayos.

Tabla 40. Resultados de la prueba a tracción, a los 14 días

GRUPO	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
GP	25.4	25
	24.5	
	24.0	
G1	25.6	26
	26.1	
	26.1	

G2	27.8	28
	28.0	
	27.9	
G3	28.8	29
	29.1	
	29.0	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se presenta a través de columnas los valores obtenidos de operar el promedio de las 3 muestras ensayadas por cada grupo. En el cual se aprecia que el grupo patrón presenta un valor de 25 Kg/cm². Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observan valores de 26 Kg/cm², 28 Kg/cm², y 29 Kg/cm² en G1, G2 y G3 respectivamente. Por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a tracción del concreto.

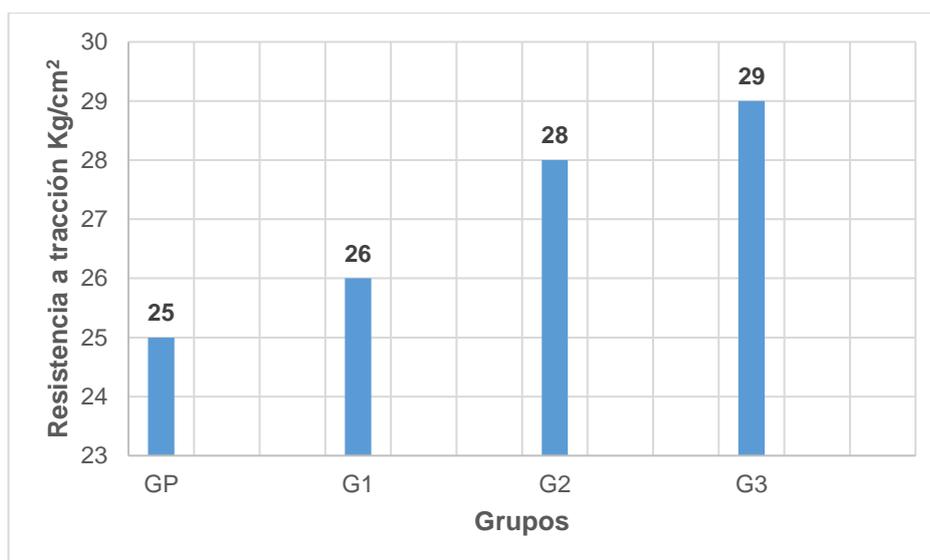


Figura 35. Resistencia a tracción a los 14 días

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se presenta el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 4%, 12%, y 16% en G1, G2 y G3 respectivamente.

Tabla 41. Porcentajes de la resistencia a tracción a los 14 días

Grupo	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	
	14 días	Porcentaje %
GP	25	100
G1	26	104
G2	28	112
G3	29	116

Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente, se presenta en columnas el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 4%, 12%, y 16% en G1, G2 y G3 respectivamente y que visualmente se puede apreciar que cada grafico de columna tiene mayor tamaño conforme tiene mayor cantidad de grafeno en su composición. Por ende, se puede inferir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a tracción del concreto.

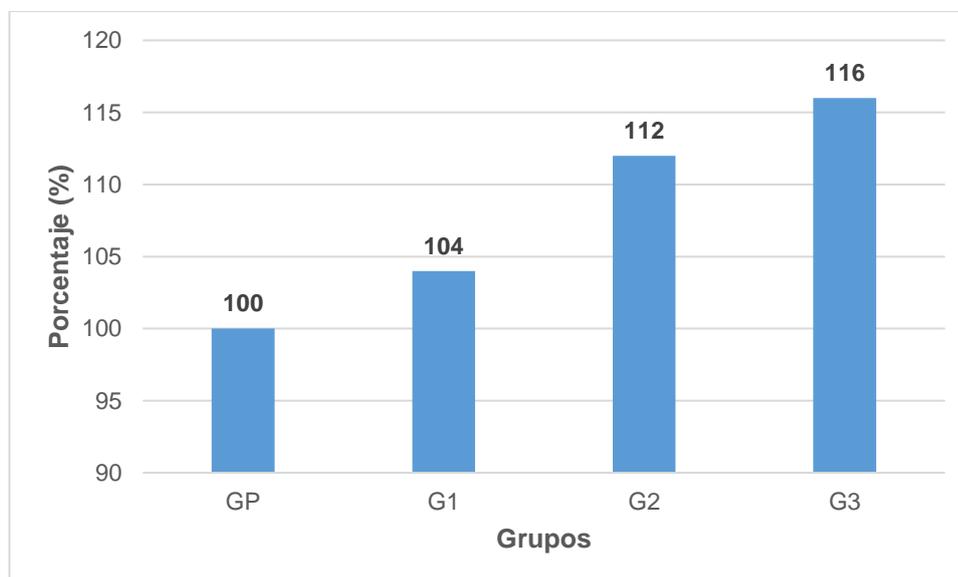


Figura 36. Resistencia a tracción a los 14 días en porcentajes

Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la tracción por la prueba diametral a los 28 días

En la siguiente tabla, se presentan las resistencias obtenidas en los ensayos a la muestra a los 28 días. Asimismo, se puede observar que se realizó 3 pruebas por grupo, para así obtener un promedio y por ende resultados más confiables. Además, resaltar que el grupo patrón llegó a un valor de resistencia de 28.2 Kg/cm², 27.5 Kg/cm², y 27.6 Kg/cm² en sus 3 ensayos respectivos. Y que el grupo en el cual se evidencia mayor resistencia es el grupo G3 con 32.5 Kg/cm² en el máximo valor de sus 3 ensayos.

Tabla 42. Resultados de la prueba a tracción, a los 28 días

GRUPO	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
GP	28.2	28
	27.5	
	27.6	
G1	28.9	29
	29.3	
	29.3	
G2	30.9	31
	31.4	
	31.2	
G3	31.5	32
	31.9	
	32.5	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se presenta a través de columnas los valores obtenidos de operar el promedio de las 3 muestras ensayadas por cada grupo. En el cual se aprecia que el grupo patrón presenta un valor de 28 Kg/cm². Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observan valores de 29 Kg/cm², 31 Kg/cm², y 32 Kg/cm² en G1, G2 y G3 respectivamente. Por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a tracción del concreto.

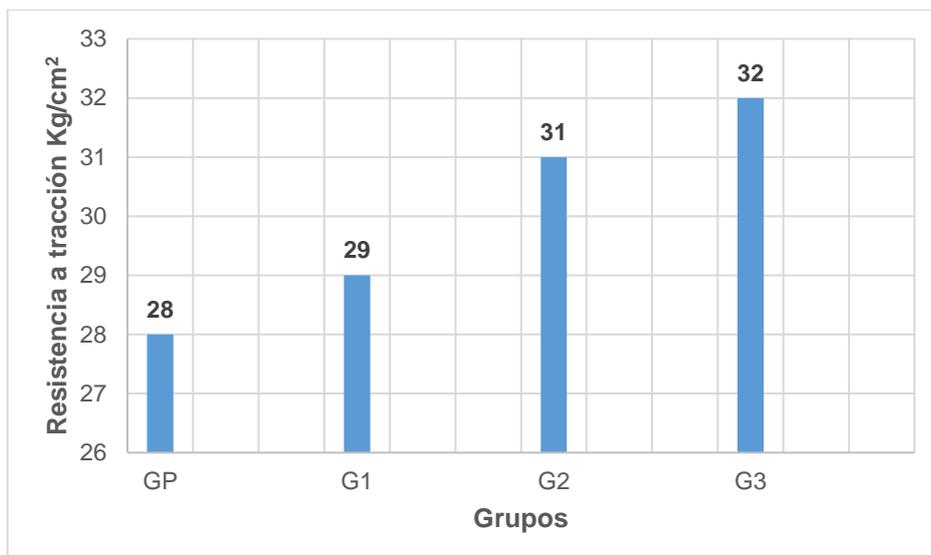


Figura 37. Resistencia a tracción a los 28 días

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se presenta el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 4%, 11%, y 14% en G1, G2 y G3 respectivamente.

Tabla 43. Resultados de la resistencia a tracción a los 28 días

Grupo	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)	
	28 días	Porcentaje %
GP	28	100
G1	29	104
G2	31	111
G3	32	114

Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente, se presenta en columnas el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 4%, 11%, y 14% en G1, G2 y G3 respectivamente y que visualmente se puede apreciar que cada grafico de columna tiene mayor tamaño conforme tiene mayor cantidad de grafeno en su composición. Por ende, se puede inferir que el porcentaje de

grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a tracción del concreto.

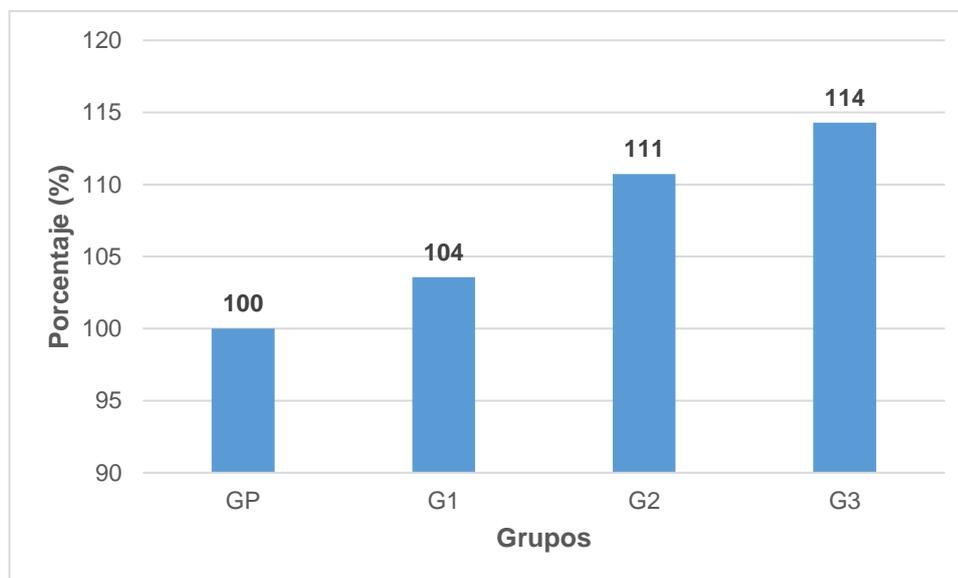


Figura 38. Resistencia a tracción a los 28 días en porcentajes

Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a tracción por compresión diametral a los 7, 14 y 28 días

En la siguiente tabla, se presenta el resultado promedio de los 3 ensayos obtenidos a los 7, 14 y 28 días de todos los grupos. Asimismo, se puede observar que el grupo patrón a los 7 días es quien menor valor presenta 22 Kg/cm², y el grupo 3 es quien mayor valor presenta a los 28 días alcanzando un valor de 32 Kg/cm².

Tabla 44. Resistencia a tracción obtenida a los 7, 14, y 28 días

Grupo	Resistencia a tracción (Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
GP	22	25	28
G1	23	26	29
G2	25	28	31
G3	26	29	32

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se ha trazado curvas con la finalidad de presentar un análisis gráfico comparativo. Asimismo, se puede observar que entre la curva del grupo 1 y el grupo 2, es en donde existe visualmente mayor distancia, que representa entonces que entre ellos es en donde ha existido mayor variación significativa respecto a la resistencia a la tracción.

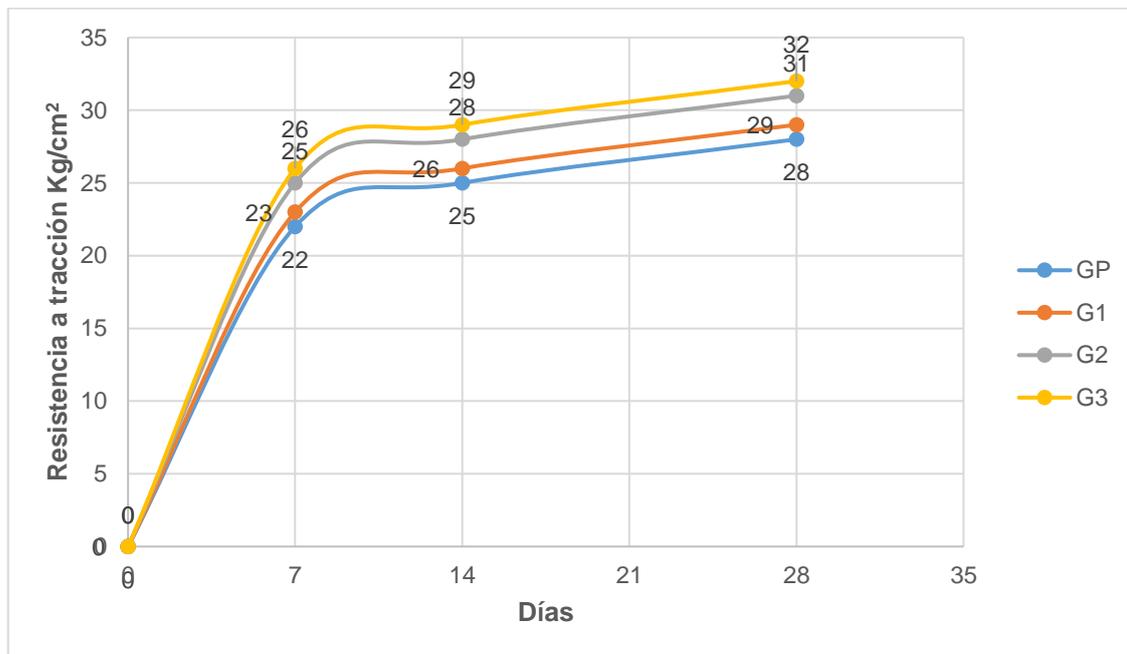


Figura 39. Curvas de resistencia a tracción a los 7, 14, y 28 días

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se muestra mediante columnas las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días de todos los grupos, con la finalidad de presentar un análisis gráfico comparativo. Asimismo, se puede observar que entre la columna del grupo 1 y el grupo 2, es en donde existe visualmente mayor distancia, que representa entonces que entre ellos es en donde ha existido mayor variación significativa respecto a la resistencia a la tracción.

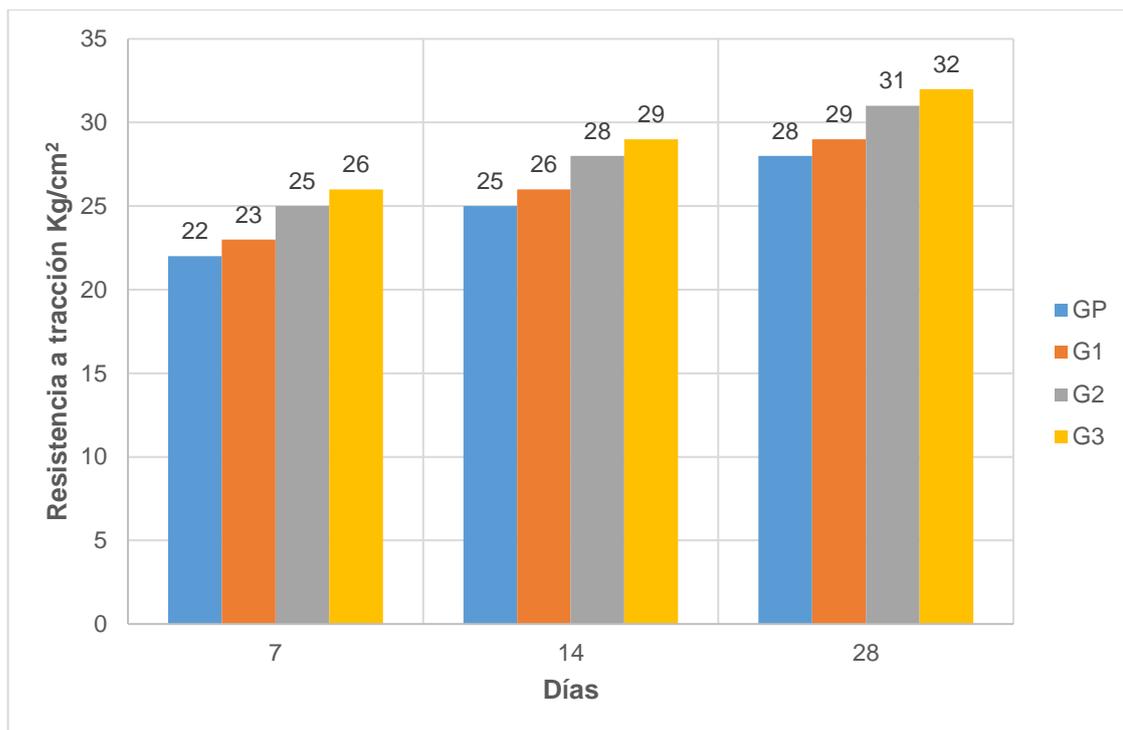


Figura 40. Resistencia a tracción a los 7, 14, y 28 días de todos los grupos

Fuente: Elaboración propia.



Figura 41. Prueba a tracción

Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la flexión, módulo de ruptura

Módulo de ruptura resultados a los 7 días

En la siguiente tabla, se presentan las resistencias obtenidas en los ensayos a la muestra a los 7 días. Asimismo, se puede observar que se realizó 2 pruebas por grupo, para así obtener un promedio y por ende resultados más confiables. Además, resaltar que el grupo patrón llegó a un valor de resistencia de 22 Kg/cm² y 20 Kg/cm² en sus 2 ensayos respectivos. Y que el grupo en el cual se evidencia mayor resistencia es el grupo G3 con 32 Kg/cm² en el máximo valor de sus 2 ensayos.

Tabla 45. Resultados de la prueba a flexión en vigas, a los 7 días

GRUPO	Módulo de ruptura (Kg/cm²)	Promedio (Kg/cm²)
GP	22	21
	20	
G1	25	26
	26	
G2	28	29
	29	
G3	31	32
	32	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se presenta a través de columnas los valores obtenidos de operar el promedio de las 2 muestras ensayadas por cada grupo. En el cual se aprecia que el grupo patrón presenta un valor de 21 Kg/cm². Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observan valores de 26 Kg/cm², 29 Kg/cm², y 32 Kg/cm² en G1, G2 y G3 respectivamente. Por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a flexión del concreto.

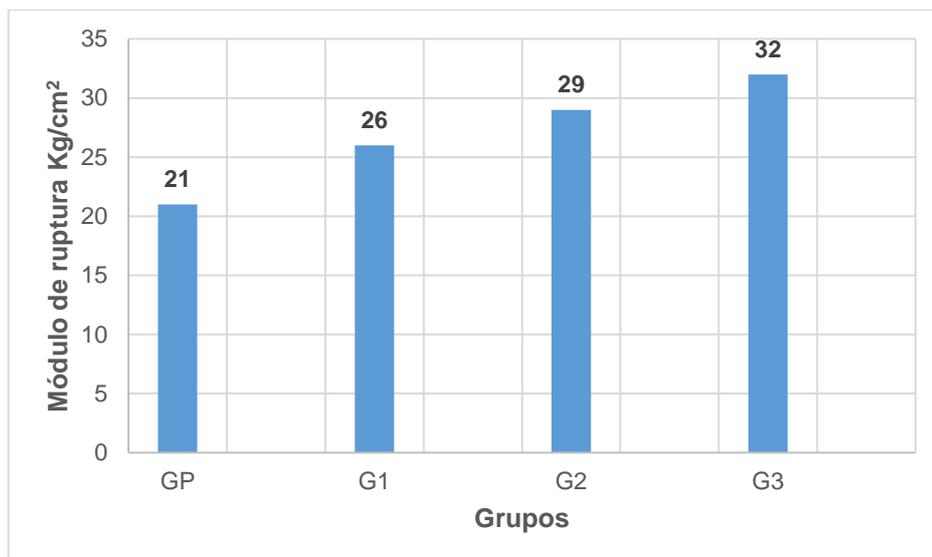


Figura 42. Módulo de ruptura a los 7 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se presenta el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 24%, 38%, y 52% en G1, G2 y G3 respectivamente.

Tabla 46. Módulo de ruptura en porcentaje a los 7 días

Grupo	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	
	7 días	Porcentaje %
GP	21	100
G1	26	124
G2	29	138
G3	32	152

Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente, se presenta en columnas el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 24%, 38%, y 52% en G1, G2 y G3 respectivamente y que visualmente se puede apreciar que cada grafico de columna tiene mayor tamaño conforme tiene mayor cantidad de grafeno en su composición. Por ende, se puede inferir que el porcentaje de

grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a flexión del concreto.

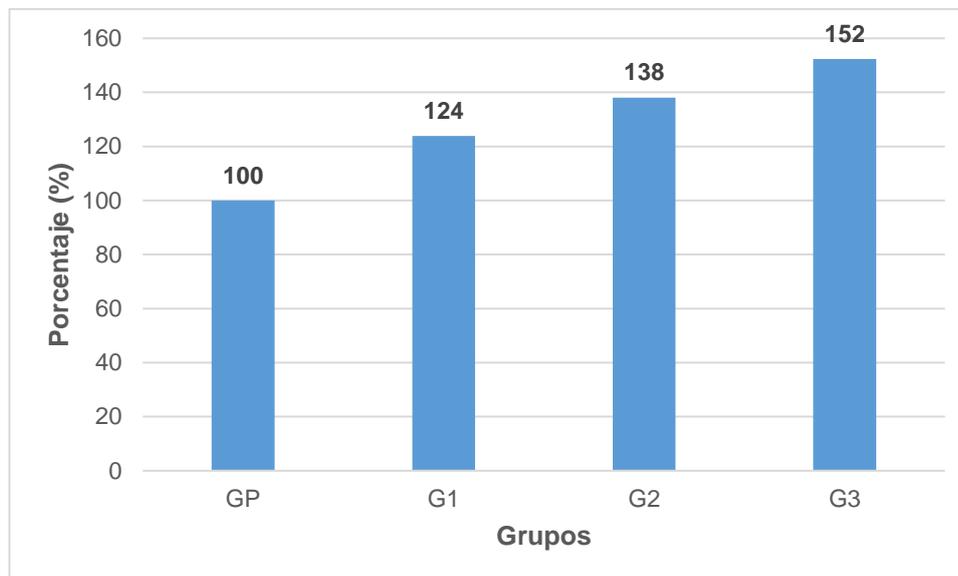


Figura 43. Módulo de ruptura a los 7 días en porcentajes

Fuente: Elaboración propia.

Módulo de ruptura resultados a los 14 días

En la siguiente tabla, se presentan las resistencias obtenidas en los ensayos a la muestra a los 14 días. Asimismo, se puede observar que se realizó 2 pruebas por grupo, para así obtener un promedio y por ende resultados más confiables. Además, resaltar que el grupo patrón llegó a un valor de resistencia de 22 Kg/cm² y 23 Kg/cm² en sus 2 ensayos respectivos. Y que el grupo en el cual se evidencia mayor resistencia es el grupo G3 con 34 Kg/cm² en el máximo valor de sus 2 ensayos.

Tabla 47. Resultados de la prueba a flexión en vigas, a los 14 días

GRUPO	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
GP	22	23
	23	
G1	27	28
	28	
G2	29	30
	30	

G3	33	34
	34	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se presenta a través de columnas los valores obtenidos de operar el promedio de las 2 muestras ensayadas por cada grupo. En el cual se aprecia que el grupo patrón presenta un valor de 23 Kg/cm². Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observan valores de 28 Kg/cm², 30 Kg/cm², y 34 Kg/cm² en G1, G2 y G3 respectivamente. Por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a flexión del concreto.

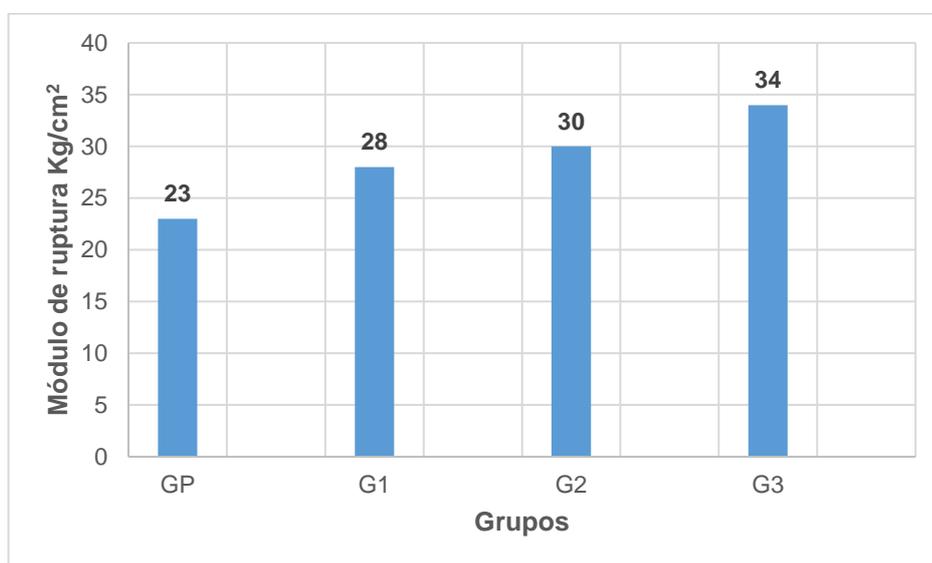


Figura 44. Módulo de ruptura a los 14 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se presenta el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 22%, 30%, y 48% en G1, G2 y G3 respectivamente.

Tabla 48. Módulo de ruptura en porcentaje a los 14 días

Grupo	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	
	14 días	Porcentaje %
GP	23	100
G1	28	122

G2	30	130
G3	34	148

Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente, se presenta en columnas el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 22%, 30%, y 48% en G1, G2 y G3 respectivamente y que visualmente se puede apreciar que cada grafico de columna tiene mayor tamaño conforme tiene mayor cantidad de grafeno en su composición. Por ende, se puede inferir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a flexión del concreto.

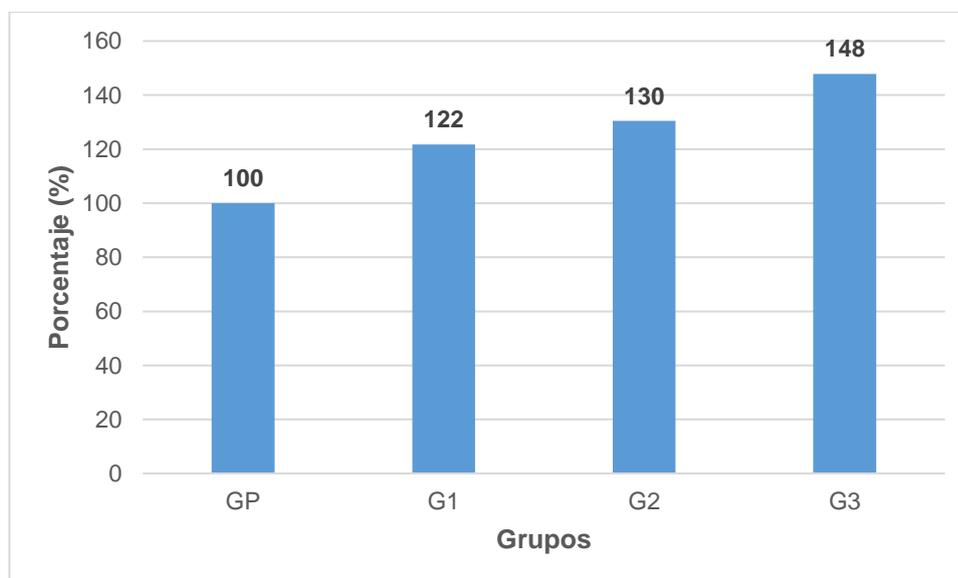


Figura 45. Módulo de ruptura a los 14 días en porcentajes

Fuente: Elaboración propia.

Módulo de ruptura resultados a los 28 días

En la siguiente tabla, se presentan las resistencias obtenidas en los ensayos a la muestra a los 28 días. Asimismo, se puede observar que se realizó 2 pruebas por grupo, para así obtener un promedio y por ende resultados más confiables. Además, resaltar que el grupo patrón llegó a un valor de resistencia de 24 Kg/cm² y 25 Kg/cm² en sus 2 ensayos respectivos. Y que el grupo en el cual se evidencia mayor resistencia es el grupo G3 con 37 Kg/cm² en el máximo valor de sus 2 ensayos.

Tabla 49. Resultados de la prueba a flexión en vigas, a los 28 días

GRUPO	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
GP	24	25
	25	
G1	29	30
	30	
G2	31	32
	33	
G3	37	37
	37	

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se presenta a través de columnas los valores obtenidos de operar el promedio de las 2 muestras ensayadas por cada grupo. En el cual se aprecia que el grupo patrón presenta un valor de 25 Kg/cm². Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observan valores de 30 Kg/cm², 32 Kg/cm², y 37 Kg/cm² en G1, G2 y G3 respectivamente. Por lo tanto, se puede concluir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a flexión del concreto.

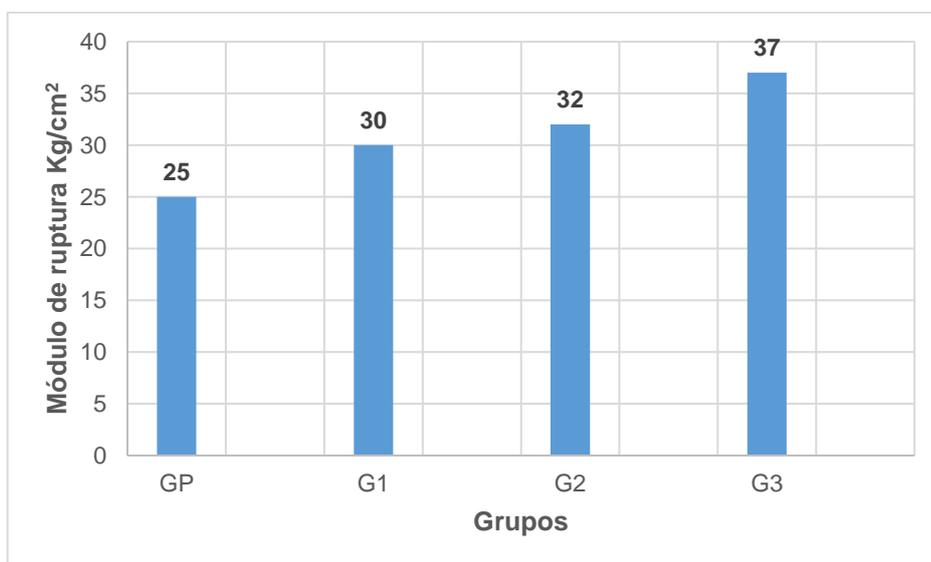


Figura 46. Módulo de ruptura a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se presenta el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 20%, 28%, y 48% en G1, G2 y G3 respectivamente.

Tabla 50. Módulo de ruptura en porcentaje a los 28 días

Grupo	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)	
	28 días	Porcentaje %
GP	25	100
G1	30	120
G2	32	128
G3	37	148

Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente, se presenta en columnas el análisis en función de lo que los grupos representan en porcentaje, considerando que el grupo patrón es el 100%. Asimismo, al respecto de los grupos con adición de grafeno, se observa que superan al grupo patrón en porcentajes de 20%, 28%, y 48% en G1, G2 y G3 respectivamente y que visualmente se puede apreciar que cada grafico de columna tiene mayor tamaño conforme tiene mayor cantidad de grafeno en su composición. Por ende, se puede inferir que el porcentaje de grafeno utilizado tiene un vínculo directamente proporcional a la resistencia a flexión del concreto.

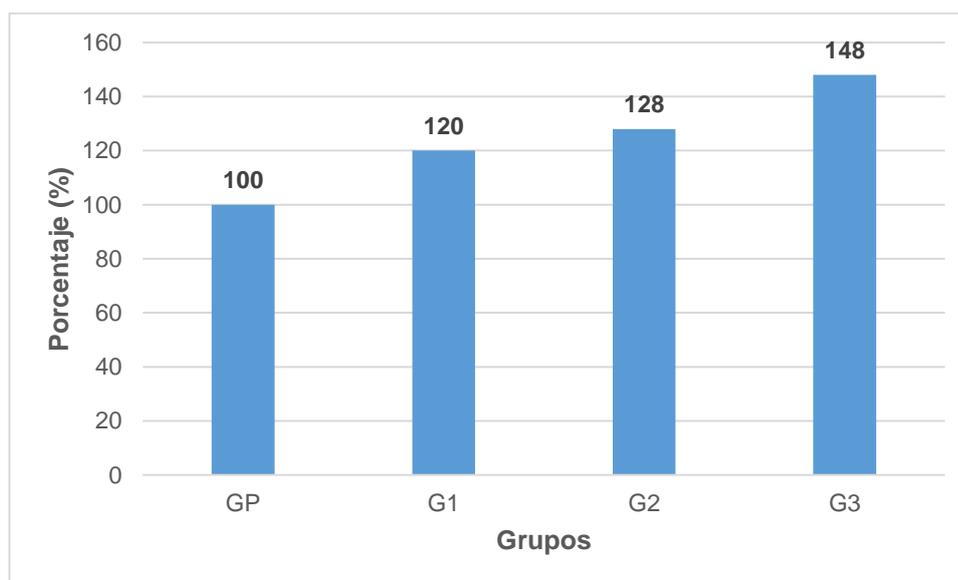


Figura 47. Módulo de ruptura a los 28 días en porcentajes

Fuente: Elaboración propia.

Módulo de ruptura a los 7, 14 y 28 días

En la siguiente tabla, se presenta el resultado promedio de los 2 ensayos obtenidos a los 7, 14 y 28 días de todos los grupos. Asimismo, se puede observar que el grupo patrón a los 7 días es quien menor valor presenta 21 Kg/cm², y el grupo 3 es quien mayor valor presenta a los 28 días alcanzando un valor de 37 Kg/cm².

Tabla 51. Módulo de ruptura obtenido a los 7, 14, y 28 días

Grupo	Módulo de ruptura (Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
GP	21	23	25
G1	26	28	30
G2	29	30	32
G3	32	34	37

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se ha trazado curvas con la finalidad de presentar un análisis gráfico comparativo. Asimismo, se puede observar que entre la curva del grupo patrón y el grupo 1, es en donde existe visualmente mayor distancia, que representa entonces que entre ellos es en donde ha existido mayor variación significativa respecto a la resistencia a la flexión.

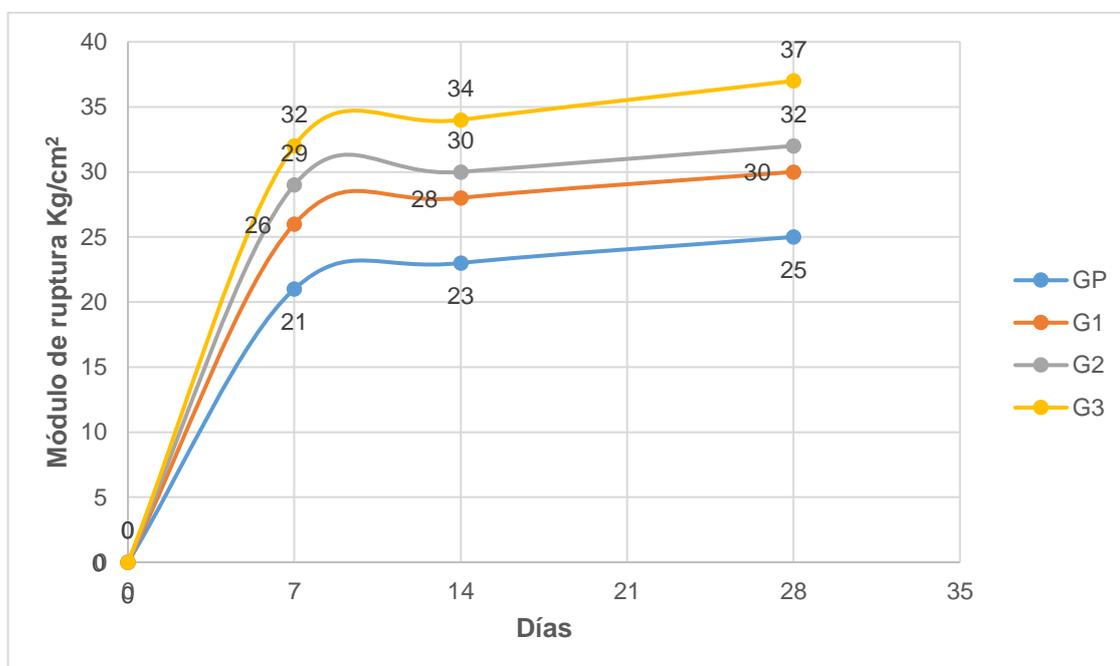


Figura 48. Módulo de ruptura a los 7, 14, y 28 días de todos los grupos

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se muestra mediante columnas las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días de todos los grupos, con la finalidad de presentar un análisis gráfico comparativo. Asimismo, se puede observar que entre la columna del grupo patrón y el grupo 1, es en donde existe visualmente mayor distancia, que representa entonces que entre ellos es en donde ha existido mayor variación significativa respecto a la resistencia a la flexión.

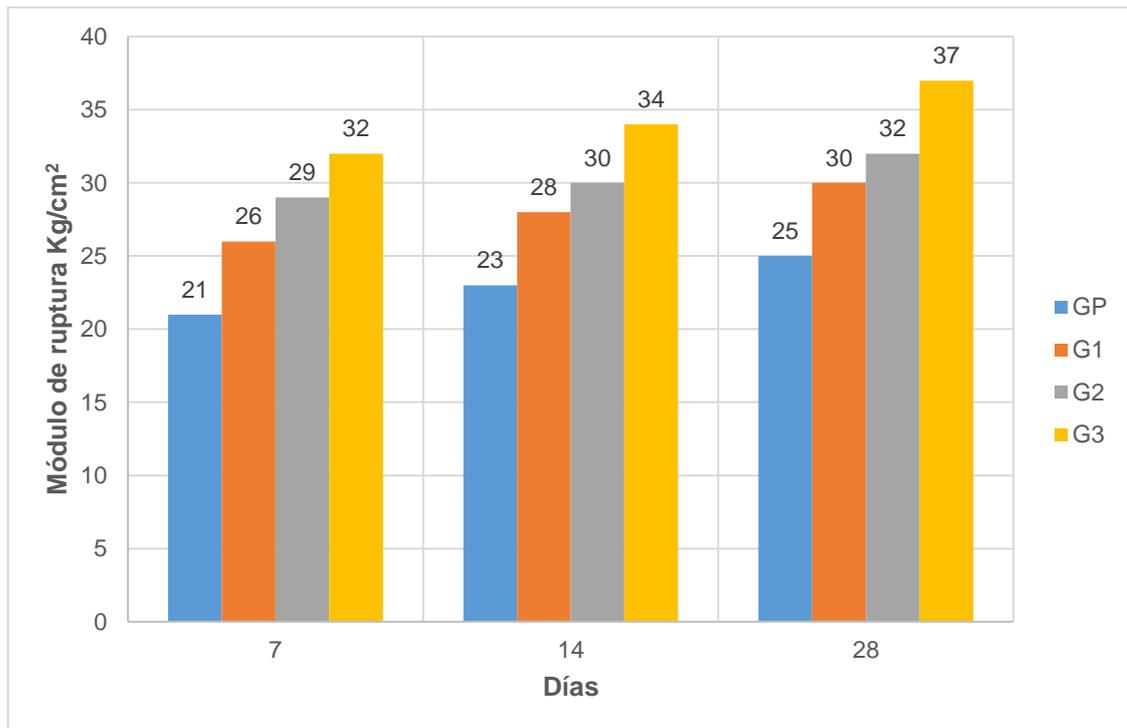


Figura 49. Módulo de ruptura a los 7, 14, y 28 días de todos los grupos

Fuente: Elaboración propia.



Figura 50. Vigas ensayadas a flexión

Fuente: Elaboración propia.

Prueba estadística de los resultados obtenidos a compresión

Al ser ANOVA una prueba de tipo paramétrica, entonces se tiene que comprobar que los datos utilizados se comporten de manera normal. Puesto que dicha prueba se utiliza solo cuando los datos cumplen con esas características de distribución normal. Asimismo, para conocer qué tipo de distribución presentan los datos de los resultados a compresión, se aplicó la prueba Shapiro-Wilk, ya que, es la indicada en el caso de muestras menores a 50.

Tabla 52. Prueba de Normalidad de los resultados a compresión.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GRUPO PATRON	0.361	3		0.807	3	0.132
0.025% GRAFENO	0.200	3		0.995	3	0.862
0.050% GRAFENO	0.292	3		0.923	3	0.463
0.075% GRAFENO	0.253	3		0.964	3	0.637

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se expone los valores obtenidos a través de utilizar Shapiro-Wilk por ser la cantidad de datos de la muestra a compresión menor a 50. Asimismo, se puede observar que el valor de Sig supera el valor de 0.05 en todos los grupos. Lo cual llevar a interpretar que la muestra tuvo un comportamiento normal, por lo tanto, si se puede seguir con el siguiente paso aplicando la prueba de ANOVA.

Ho: No existe diferencia significativa entre los grupos respecto a la resistencia a compresión.

H1: Si existe diferencia significativa entre los grupos respecto a la resistencia a compresión.

Tabla 53. Datos descriptivos generales de los resultados a compresión.

Descriptivos								
Resistencia a compresión								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
GP	3	290.3333	7.23418	4.17665	272.3626	308.3040	282.00	295.00
G1	3	324.6667	8.02081	4.63081	304.7419	344.5915	317.00	333.00
G2	3	343.0000	6.24500	3.60555	327.4866	358.5134	336.00	348.00
G3	3	363.3333	1.52753	0.88192	359.5388	367.1279	362.00	365.00
Total	12	330.3333	28.54130	8.23916	312.1991	348.4676	282.00	365.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. ANOVA de los resultados a compresión.

ANOVA					
Resistencia a compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8644.667	3	2881.556	72.951	0.000
Dentro de grupos	316.000	8	39.500		
Total	8960.667	11			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se observa el valor hallado en el análisis por el método ANOVA, el cual obtuvo un valor de Sig de 0.000. Asimismo, dicho valor

numérico se puede interpretar que al ser inferior de 0.05, entonces se aprueba H1, que considera que, si existe diferencia significativa entre los grupos respecto a la resistencia a compresión.

Asimismo, para tener un análisis más detallado, respecto en cuál de los grupos se presentó mayor variación de resistencia, se aplicó Tukey como prueba para tal fin.

Tabla 55. Tukey de los resultados a compresión.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión						
HSD Tukey						
(I) Grupos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
GP	G1	-34,33333*	5.13160	0.001	-50.7665	-17.9001
	G2	-52,66667*	5.13160	0.000	-69.0999	-36.2335
	G3	-73,00000*	5.13160	0.000	-89.4332	-56.5668
G1	GP	34,33333*	5.13160	0.001	17.9001	50.7665
	G2	-18,33333*	5.13160	0.030	-34.7665	-1.9001
	G3	-38,66667*	5.13160	0.000	-55.0999	-22.2335
G2	GP	52,66667*	5.13160	0.000	36.2335	69.0999
	G1	18,33333*	5.13160	0.030	1.9001	34.7665
	G3	-20,33333*	5.13160	0.018	-36.7665	-3.9001
G3	GP	73,00000*	5.13160	0.000	56.5668	89.4332
	G1	38,66667*	5.13160	0.000	22.2335	55.0999
	G2	20,33333*	5.13160	0.018	3.9001	36.7665

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se evidencia que, al comparar todos los grupos de forma particular, estos brindan aun así valores de Sig inferiores a 0.05. Lo cual llevó a inferir que si existen diferencias significativas incluso al comparar grupo por grupo.

Tabla 56. Tukey subconjuntos de los resultados a compresión.

Resistencia a compresión					
HSD Tukey ^a					
Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
GP	3	290.3333			
G1	3		324.6667		
G2	3			343.0000	
G3	3				363.3333
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.					

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se presenta los grupos en distintas filas y en las columnas los valores de Sig, las cuales como se puede apreciar no compara ningún grupo en particular con otro. Lo que permitió interpretar que efectivamente si hay diferencia significativa en todos los grupos.

Prueba estadística de los resultados obtenidos a tracción

Al ser ANOVA una prueba de tipo paramétrica, entonces se tiene que comprobar que los datos utilizados se comporten de manera normal. Puesto que dicha prueba se utiliza solo cuando los datos cumplen con esas características de distribución normal. Asimismo, para conocer qué tipo de distribución presentan los datos de los resultados a tracción, se aplicó la prueba Shapiro-Wilk, ya que, es la indicada en el caso de muestras menores a 50.

Tabla 57. Prueba de Normalidad de los resultados a tracción.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a tracción	0.193	12	,200*	0.917	12	0.259
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se expone los valores obtenidos a través de utilizar Shapiro-Wilk por ser la cantidad de datos de la muestra a tracción menor a 50. Asimismo,

se puede observar que el valor de Sig supera el valor de 0.05 en todos los grupos. Lo cual llevar a interpretar que la muestra tuvo un comportamiento normal, por lo tanto, si se puede seguir con el siguiente paso aplicando la prueba de ANOVA.

Ho: No existe diferencia significativa entre los grupos respecto a la resistencia a tracción.

H1: Si existe diferencia significativa entre los grupos respecto a la resistencia a tracción.

Tabla 58. Datos descriptivos generales de los resultados a tracción.

Descriptivos								
Resistencia a tracción								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
GP	3	27.7667	0.37859	0.21858	26.8262	28.7071	27.50	28.20
G1	3	29.1667	0.23094	0.13333	28.5930	29.7404	28.90	29.30
G2	3	31.1667	0.25166	0.14530	30.5415	31.7918	30.90	31.40
G3	3	31.9667	0.50332	0.29059	30.7163	33.2170	31.50	32.50
Total	12	30.0167	1.75180	0.50570	28.9036	31.1297	27.50	32.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59. ANOVA de los resultados a tracción.

ANOVA					
Resistencia a tracción					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	32.730	3	10.910	85.013	0.000
Dentro de grupos	1.027	8	0.128		
Total	33.757	11			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se observa el valor hallado en el análisis por el método ANOVA, el cual obtuvo un valor de Sig de 0.000. Asimismo, dicho valor numérico se puede interpretar que al ser inferior de 0.05, entonces se aprueba H1, que considera que, si existe diferencia significativa entre los grupos respecto a la resistencia a tracción.

Asimismo, para tener un análisis más detallado, respecto en cuál de los grupos se presentó mayor variación de resistencia, se aplicó Tukey como prueba para tal fin.

Tabla 60. Tukey de los resultados a tracción.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión						
HSD Tukey						
(I) Grupos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
GP	G1	-1,40000*	0.29250	0.006	-2.3367	-0.4633
	G2	-3,40000*	0.29250	0.000	-4.3367	-2.4633
	G3	-4,20000*	0.29250	0.000	-5.1367	-3.2633
G1	GP	1,40000*	0.29250	0.006	0.4633	2.3367
	G2	-2,00000*	0.29250	0.001	-2.9367	-1.0633
	G3	-2,80000*	0.29250	0.000	-3.7367	-1.8633
G2	GP	3,40000*	0.29250	0.000	2.4633	4.3367
	G1	2,00000*	0.29250	0.001	1.0633	2.9367
	G3	-0.80000	0.29250	0.097	-1.7367	0.1367
G3	GP	4,20000*	0.29250	0.000	3.2633	5.1367
	G1	2,80000*	0.29250	0.000	1.8633	3.7367
	G2	0.80000	0.29250	0.097	-0.1367	1.7367

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se evidencia que, al comparar todos los grupos de forma particular, estos brindan en casi todos los casos valores de Sig inferiores a 0.05. Lo cual llevó a inferir que si existen diferencias significativas incluso al comparar grupo por grupo. No obstante, al comparar el grupo G2 con G3 exponen un valor de Sig de 0.097, lo cual permitió interpretar que, si se hubiera analizado estos 2 casos en particular, entonces no hubiese existido diferencia significativa de sus resultados.

Tabla 61. Tukey subconjuntos de los resultados a tracción.

Resistencia a tracción				
HSD Tukey ^a				
Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
GP	3	27.7667		
G1	3		29.1667	
G2	3			31.1667
G3	3			31.9667
Sig.		1.000	1.000	0.097
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.				

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se evidencia a través de la prueba de Tukey que, al comparar el grupo G2 con G3 exponen un valor de Sig de 0.097, lo cual permitió comprobar que, en el caso hipotético que se hubiera analizado solo estos 2 casos en particular, entonces no hubiese existido diferencia significativa de sus resultados.

Prueba estadística de los resultados obtenidos módulo de ruptura

Al ser ANOVA una prueba de tipo paramétrica, entonces se tiene que comprobar que los datos utilizados se comporten de manera normal. Puesto que dicha prueba se utiliza solo cuando los datos cumplen con esas características de distribución normal. Asimismo, para conocer qué tipo de distribución presentan los datos de los resultados a flexión, se aplicó la prueba Shapiro-Wilk, ya que, es la indicada en el caso de muestras menores a 50.

Tabla 62. Prueba de Normalidad de los resultados del módulo de ruptura.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Módulo de ruptura	0.151	8	,200*	0.932	8	0.533
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se expone los valores obtenidos a través de utilizar Shapiro-Wilk por ser la cantidad de datos de la muestra a flexión menor a 50. Asimismo, se puede observar que el valor de Sig supera el valor de 0.05 en todos los grupos. Lo cual llevar a interpretar que la muestra tuvo un comportamiento normal, por lo tanto, si se puede seguir con el siguiente paso aplicando la prueba de ANOVA.

Ho: No existe diferencia significativa entre los grupos respecto a la resistencia a tracción por flexión (módulo de ruptura).

H1: Si existe diferencia significativa entre los grupos respecto a la resistencia a tracción por flexión (módulo de ruptura).

Tabla 63. Datos descriptivos generales de los resultados del módulo de ruptura.

Descriptivos								
Módulo de ruptura								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
GP	2	24.5000	0.70711	0.50000	18.1469	30.8531	24.00	25.00
G1	2	29.5000	0.70711	0.50000	23.1469	35.8531	29.00	30.00
G2	2	32.0000	1.41421	1.00000	19.2938	44.7062	31.00	33.00
G3	2	37.0000	0.00000	0.00000	37.0000	37.0000	37.00	37.00
Total	8	30.7500	4.86239	1.71912	26.6849	34.8151	24.00	37.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64. ANOVA de los resultados del módulo de ruptura.

ANOVA					
Módulo de ruptura					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	162.500	3	54.167	72.222	0.001
Dentro de grupos	3.000	4	0.750		
Total	165.500	7			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se observa el valor hallado en el análisis por el método ANOVA, el cual obtuvo un valor de Sig de 0.000. Asimismo, dicho valor numérico se puede interpretar que al ser inferior de 0.05, entonces se aprueba H1, que considera que, si existe diferencia significativa entre los grupos respecto a la resistencia a flexión.

Asimismo, para tener un análisis más detallado, respecto en cuál de los grupos se presentó mayor variación de resistencia, se aplicó Tukey como prueba para tal fin.

Tabla 65. Tukey de los resultados del módulo de ruptura.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Módulo de ruptura						
HSD Tukey						
(I) Grupos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
GP	G1	-5,00000*	0.86603	0.015	-8.5255	-1.4745
	G2	-7,50000*	0.86603	0.003	-11.0255	-3.9745
	G3	-12,50000*	0.86603	0.000	-16.0255	-8.9745
G1	GP	5,00000*	0.86603	0.015	1.4745	8.5255
	G2	-2.50000	0.86603	0.138	-6.0255	1.0255
	G3	-7,50000*	0.86603	0.003	-11.0255	-3.9745
G2	GP	7,50000*	0.86603	0.003	3.9745	11.0255
	G1	2.50000	0.86603	0.138	-1.0255	6.0255
	G3	-5,00000*	0.86603	0.015	-8.5255	-1.4745
G3	GP	12,50000*	0.86603	0.000	8.9745	16.0255
	G1	7,50000*	0.86603	0.003	3.9745	11.0255
	G2	5,00000*	0.86603	0.015	1.4745	8.5255

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se evidencia que, al comparar todos los grupos de forma particular, estos brindan en casi todos los casos valores de Sig inferiores a 0.05. Lo cual llevó a inferir que si existen diferencias significativas incluso al comparar grupo por grupo. No obstante, al comparar el grupo G1 con G2 exponen un valor de Sig de 0.138, lo cual permitió interpretar que, si se hubiera analizado estos 2 casos en particular, entonces no hubiese existido diferencia significativa de sus resultados.

Tabla 66. Tukey subconjuntos de los resultados del módulo de ruptura.

Módulo de ruptura				
HSD Tukey ^a				
Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
GP	2	24.5000		
G1	2		29.5000	
G2	2		32.0000	
G3	2			37.0000
Sig.		1.000	0.138	1.000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.				

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla presentada previamente, se evidencia a través de la prueba de Tukey que, al comparar el grupo G1 con G2 exponen un valor de Sig de 0.138, lo cual permitió comprobar que, en el caso hipotético que se hubiera analizado solo estos 2 casos en particular, entonces no hubiese existido diferencia significativa de sus resultados.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En consideración al objetivo general planteado que es, evaluar cómo incide en las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² el incorporar grafeno.

Aliaga y Contreras (2019), señalan que, utilizando grafeno en la composición del concreto, aumenta la resistencia a compresión de la misma. Puesto que, en su estudio experimentaron probetas en laboratorio, concluyendo que, el porcentaje de 0.04% que utilizaron de grafeno, fue quien mayor beneficio obtuvo al respecto de la resistencia en comparación de los otros porcentajes (0.02%, 0.06% al 0.08%) que ensayaron. Asimismo, también concluyeron que, la adición de grafeno influye en el aumento del slump de la mezcla.

Se comparte lo expuesto por Aliaga y Contreras, puesto que en el presente proyecto de investigación se utilizó adiciones de grafeno, logrando que la resistencia aumente en relación al concreto patrón sin adición de grafeno. Asimismo, también se determinó que a medida que se agregaba más porcentaje de grafeno el slump aumentó, coincidiendo con lo que afirmaron Aliaga y Contreras en su proyecto de investigación.

Al respecto de determinar la resistencia a compresión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al incorporar grafeno en proporciones de 0.025%, 0.05% y 0.075%

Bartra (2019), menciona que, el grafeno mejora la resistencia a compresión del concreto. Con adición de 1% de grafeno con respecto al concreto patrón es de 10.79%. Asimismo,

con adición de 1.5% de grafeno con respecto al concreto patrón es de 11.3%. Además, con adición de 2% de grafeno con respecto al concreto patrón es de 17.35%.

Se comparte lo expuesto por Bartra, puesto que, en la presente tesis, se demostró que el agregar grafeno en porcentajes similares (0.025%, 0.05%, 0.075%), aumenta la resistencia a compresión del concreto patrón. Obteniendo un aumento de 12% con G1 (0.025%), 18% con G2 (0.05%), y 25% con G3 (0.075%) a los 28 días. Teniendo como eje común que, a mayor adición de grafeno, mayor es la resistencia a compresión del concreto que se llega a obtener.

Al respecto de analizar la resistencia a tracción del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al incorporar grafeno en proporciones de 0.025%, 0.05% y 0.075%

Choque (2021), menciona que, agregar grafeno en proporciones de 0.4% incrementa la resistencia mecánica a la tracción respecto a un diseño convencional de concreto $F'c = 210$ kg/cm². del cual se ha demostrado a través del ensayo a tracción por compresión diametral. Asimismo, resaltando que se obtuvo en el grupo control un valor de 40.83 kg/cm² y en el grupo con 0.4% de grafeno se alcanzó un valor de 46.10 kg/cm².

Se comparte lo expuesto por Choque, puesto que, en la presente tesis, se demostró que el agregar grafeno en porcentajes (0.025%, 0.05%, 0.075%), aumenta la resistencia a tracción del concreto patrón. Obteniendo un aumento con respecto al grupo patrón "GP" (Sin adición de grafeno) de 4% con G1 (Grafeno 0.025% peso del cemento), 11% con G2 (Grafeno 0.05% peso del cemento), y 14% con G3 (Grafeno 0.075% peso del cemento) a los 28 días.

Al respecto de evaluar la resistencia a flexión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al incorporar grafeno en proporciones de 0.025%, 0.05% y 0.075%.

Choque (2021), menciona que, agregar grafeno en proporciones de 0.4% contribuye en mejorar su propiedad mecánica de flexión respecto al diseño convencional $F'c = 210$ kg/cm². Asimismo, resaltando que se obtuvo en el grupo control un valor de 39.53 kg/cm² y en el grupo con 0.4% de grafeno se alcanzó un valor de 44.60 kg/cm².

Se comparte lo expuesto por Choque, puesto que, en la presente tesis, se demostró que el agregar grafeno en porcentajes (0.025%, 0.05%, 0.075%), aumenta la resistencia a flexión del concreto patrón. Obteniendo un aumento con respecto al grupo patrón "GP" (Sin adición de grafeno) de 20% con G1 (Grafeno 0.025% peso del cemento), 28% con G2 (Grafeno 0.05% peso del cemento), y 48% con G3 (Grafeno 0.075% peso del cemento) a los 28 días.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó cómo incide en las propiedades físico - mecánicas del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² el incorporar grafeno, llegando a la conclusión que, al respecto de la propiedad física la adición de grafeno aumenta la trabajabilidad de la mezcla de concreto, siendo este directamente proporcional, ya que a mayor adición de grafeno se obtiene mayor slump, presentado como resultados en el grupo patrón "GP" (Sin adición de grafeno) slump de 3.1", en el grupo 1 "G1" (Grafeno 0.025% peso del cemento) slump de 3.5", en el grupo 2 "G2" (Grafeno 0.05% peso del cemento) slump de 3.9" y en el grupo 3 "G3" (Grafeno 0.075% peso del cemento) slump de 4.1". Asimismo, al respecto de las propiedades mecánicas, a los 28 días la resistencia a compresión aumenta significativamente llegando obtener en el grupo 3 un valor promedio de 363 Kg/cm² que representa el 125% respecto al grupo patrón. También, la resistencia a tracción por el método radial también aumenta, puesto que, a los 28 días se consiguió una resistencia promedio de 32 Kg/cm² en el grupo 3, que representa el 114% con respecto al grupo patrón. Además, el módulo de ruptura (resistencia a tracción por flexión) también aumento ya que se obtuvo en el grupo 3 a los 28 días un valor de 37 Kg/cm² que representa el 148% con respecto al grupo patrón.
2. Se determinó la resistencia a compresión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al incorporar grafeno, llegando a la conclusión que efectivamente el agregar dichos elementos aumenta la resistencia a compresión del concreto en estudio. Obteniendo un aumento con respecto al grupo patrón "GP" (Sin adición de grafeno) de 12% con G1 (Grafeno 0.025% peso del cemento), 18% con G2 (Grafeno 0.05% peso del cemento), y 25% con G3 (Grafeno 0.075% peso del cemento) a los 28 días.
3. Se analizó la resistencia a tracción del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al incorporar grafeno, llegando a la conclusión que la resistencia a tracción aumenta. Obteniendo un aumento con respecto al grupo patrón "GP" (Sin adición de grafeno) de 4% con G1 (Grafeno 0.025% peso del cemento), 11% con G2 (Grafeno 0.05% peso del cemento), y 14% con G3 (Grafeno 0.075% peso del cemento) a los 28 días.

4. Se evaluó la resistencia a flexión del concreto $f'c$ 210 Kg/cm² al incorporar grafeno, a través del módulo de ruptura (resistencia a tracción por flexión), llegando a la conclusión que dicha resistencia también aumenta. Obteniendo un aumento con respecto al grupo patrón “GP” (Sin adición de grafeno) de 20% con G1 (Grafeno 0.025% peso del cemento), 28% con G2 (Grafeno 0.05% peso del cemento), y 48% con G3 (Grafeno 0.075% peso del cemento) a los 28 días.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar el grafeno en la elaboración del concreto, puesto que, la presente tesis respalda y verifica que, utilizar el grafeno en 0.025%, 0.05% y 0.075% en relación al peso del cemento, permite obtener beneficios respecto a las propiedades mecánicas como son la resistencia a compresión, tracción y flexión.
2. Se recomienda experimentar con otros porcentajes de grafeno, para así tener un mayor rango de resultados respecto a diversos porcentajes, y por ende, saber cuáles son los porcentajes más idóneos.
3. Se aconseja realizar ensayos en días posteriores a los 28, puesto que, así se puede saber si el concreto con adición de grafeno sigue o no aumentando su resistencia considerablemente después de dicha fecha límite de un concreto normal.
4. Se aconseja realizar estudios con variables similares considerando otros tipos o marcas de grafeno, con lo cual se puede comparar incluso los beneficios de utilizar el mismo porcentaje, pero en distintas marcas o tipos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A roadmap for graphene. **Novoselov, y otros. 2012.** s.l. : Nature, 2012.

Abanto, Tomás. 2018. *Tecnología del concreto.* 2. Lima - Perú : San Marcos, 2018. pág. 248.

Aliaga, Alejandro y Contreras, Maycol. 2019. *Incorporación del grafeno para mejorar el comportamiento mecánico a compresión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Lima 2019.* Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima - Perú : Universidad César Vallejo, 2019. pág. 115.

ASOCEM. 2019. *Indicadores internacionales de cemento.* Lima - Perú : Asociación de productores de cemento, 2019.

Baena , Eugenia. 2017. *Metodología de la investigación.* México : Patria, 2017. pág. 157.

Bartra, David. 2019. *Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ Tarapoto, 2018.* Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima - Perú : Universidad César Vallejo,, 2019. pág. 88.

Bernal, César. 2016. *Metodología de la investigación.* 4. Colombia : PEARSON, 2016. pág. 400.

Botto, Raisa y Santacruz, Paola. 2017. *Evaluación de las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto para uso en pavimento rígido, adicionado con nanocompuestos de carbono.* Bogotá - Colombia : Pontificia Universidad Javeriana, 2017. pág. 87.

Camargo, Arleth y Manchego, Mario. 2017. *Análisis experimental del comportamiento en estado fresco y estado endurecido de una matriz cementicia, adicionada con nanocompuestos de carbono.* Bogotá - Colombia : Pontificia Universidad Javeriana, 2017. pág. 140.

Casayco, César y Morales, Carlos. 2019. *Incorporación del Óxido de Grafeno para Mejorar la Resistencia a Compresión del Concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$* , Lima, 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima - Perú : Universidad César Vallejo, 2019. pág. 125.

Ccopa, Heber. 2017. *Efecto del grafeno como aditivo nanotecnológico en la resistencia del concreto*. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Puno - Perú : Universidad Nacional Del Altiplano, 2017. pág. 141.

Choque, Leopoldo. 2021. *Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, agregando grafeno*. (Para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Civil) Lima - Perú : Universidad Nacional Federico Villarreal, 2021. pág. 147.

Evaluación del Comportamiento en Compresión de Morteros Reforzados con Óxido de Grafeno y Costos Inherentes al Proceso Productivo de Mezcla. **Ávila, Jhonnatan, Eguez, Hugo y Roa, Olga. 2019.** 2019, INVESTIGATIO.

Graphene photonics and optoelectronics. **Bonaccorso, F, y otros. 2010.** 2010, Nature Photonics.

Harmsen, Teodoro. 2017. *Diseño de estructuras de concreto armado*. 5. Lima - Perú : Fondo Editorial PUCP, 2017. pág. 965.

Hernández, Roberto y Mendoza, Christian. 2018. *Metodología de la investigación*. México : Mc Graw Hill, 2018. pág. 714.

Mccormac, Jack y Brown, Rusell. 2018. *Diseño de concreto reforzado*. 10. México : Alfaomega, 2018. pág. 672.

MVCS-E060. 2009. *Norma E.060 Concreto* . Lima - Perú : Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009.

Navarro, Ellerly y Forero, Horacio. 2017. *Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono*. Bogotá - Colombia : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017. pág. 99.

Neto, Castro, y otros. 2009. *The electronic properties of graphene*. 2009.

Nguyen, Dien, y otros. 2015. *Remarkable conversion between n-and p-type reduced graphene oxide on varying the thermal annealing temperature*. Korea : Chemistry , 2015.

Rivva, Enrique. 2019. *Naturaleza y Materiales del Concreto*. 4. Lima - Perú : ACI, 2019.

Sánchez, Diego. 2001. *Tecnología del concreto y del mortero*. 5. Bogota – Colombia : Bhandar Editores, 2001. pág. 349.

ANEXOS

ANEXO 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TITULO: "INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2"						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Dependiente (Y)	Dimensiones	Indicadores	Método de investigación: Científico Tipo de investigación: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Cuasiexperimental Población: Probetas cilíndricas y vigas las cuales serán sometidas a pruebas de resistencia. Muestra: 72 probetas cilíndricas y 24 vigas prismáticas.
¿Cómo incidirá en las propiedades físico - mecánicas del concreto f'c 210 Kg/cm2 el incorporar grafeno?	Evaluar cómo incide en las propiedades físico - mecánicas del concreto f'c 210 Kg/cm2 el incorporar grafeno.	Incorporar grafeno al concreto f'c 210 Kg/cm2, mejora las propiedades físico - mecánicas.	Propiedades físico – mecánicas del concreto f'c = 210 kg/cm2	D1: Propiedades mecánicas	I1: Resistencia a compresión I2: Resistencia a tracción I3: Resistencia a flexión.	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		D2: Propiedades físicas	I1: Trabajabilidad I2: Consistencia I3: Segregación I4: Exudación I5: Durabilidad	
¿Mejorará la resistencia a compresión del concreto f'c 210 Kg/cm2 al incorporar grafeno?	Determinar la resistencia a compresión del concreto f'c 210 Kg/cm2 al incorporar grafeno en proporciones de 0.025%, 0.05% y 0.075%	Incorporar grafeno al concreto f'c 210 Kg/cm2, mejora la resistencia a compresión.		D3: Agregados	I1: Granulometría I2: Módulo de finura I3: Contenido de humedad I4: Porcentaje de absorción	
¿Aumentará la resistencia a tracción del concreto f'c 210 Kg/cm2 al incorporar grafeno?	Analizar la resistencia a tracción del concreto f'c 210 Kg/cm2 al incorporar grafeno en proporciones de 0.025%, 0.05% y 0.075%	Incorporar grafeno al concreto f'c 210 Kg/cm2, aumenta la resistencia a tracción.	Variable Independiente (X)	Dimensiones	Indicadores	
¿Variará la resistencia a flexión del concreto f'c 210 Kg/cm2 al incorporar grafeno?	Evaluar la resistencia a flexión del concreto f'c 210 Kg/cm2 al incorporar grafeno en proporciones de 0.025%, 0.05% y 0.075%.	Incorporar grafeno al concreto f'c 210 Kg/cm2, varía la resistencia a flexión.	Grafeno	D1: Dosificación	Grafeno (0.025% peso del cemento).	
					Grafeno (0.05% peso del cemento).	
					Grafeno (0.075% peso del cemento).	

ANEXO 2
DOSIFICACIÓN ACI 211

Para realizar la estimación de la cantidad en peso de lo que se utilizó en la mezcla, se recurrió a la metodología que indica el ACI 211. Con la cual se dosificó para obtener el concreto patrón (GP), que sirvió de base para formar grupos con adición de grafeno en porcentajes diferentes.

Se consideró lo que indica la E.060 al respecto de la resistencia sobre la cual se tiene que dosificar, cuando no existen datos previos de haber realizado la elaboración de concreto, entonces, se asumió agregar un factor de seguridad para la resistencia con un valor de 84 Kg/cm² mayor a la realmente requerida que es 210 Kg/cm², por lo tanto, se dosificó para alcanzar una resistencia de 294 Kg/cm².

Los datos necesarios recolectados del estudio de las características de los agregados y de los otros participantes en la mezcla de concreto, se exponen en la siguiente tabla.

Material	Peso específico (Kg/m ³)						
		Humedad (%)	Abs (%)	MF	P.U.S	P.U.C	TMN
Cemento	3110						
Agua	1000						
Agregado grueso	2718	0.17	0.39	6.39	1510	1623	1"
Agregado fino	2506	0.67	2.46	3.13	1578	1829	---

Se consideró dosificar para un slump de 7.5 cm a 10 cm.

Asentamiento	Agua en L/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados							
	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	6 "
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Se cotejó teniendo como base de referencia las tablas del ACI 211, el cual señala que para ese slump requerido y TMN de 1" en el agregado, se utiliza 193 L/m³. Asimismo, a la par considerando esos datos previos, se asume un contenido 1.5% de aire.

f' cr (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---
450	0.38	---

Para una resistencia de 294 Kg/cm², se interpoló obteniendo 0.55 el valor que relaciona la cantidad de agua y cemento.

Se operó el factor de 0.55 con el valor de la cantidad de agua 193 L/m³, para así obtener la cantidad de cemento, que es 350.9 Kg.

Se cotejó los valores del TMN Y MF en la siguiente tabla del ACI 211.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza de agregado fino			
	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8 "	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.6
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.76	0.74	0.72	0.7
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.84	0.81

De la tabla anterior se obtuvo el factor de 0.637, el cual se multiplicó con el PUC. Y así se obtuvo 1033.85 Kg de agregado grueso.

Para estimar la cantidad de agregado fino utilizado en la mezcla, se multiplicó el peso específico por el peso de los insumos ya hallado (cemento, agua, agregado grueso, aire) con la finalidad de obtener el volumen que ocupan estos en la mezcla total que tiene por volumen total 1 m³. Asimismo, entonces, se suman los volúmenes de los insumos ya hallados, y lo que falta para llegar a 1 m³ es el volumen que debe ocupar el agregado fino.

Y ya con el volumen del fino y su peso específico se puede obtener la cantidad en Kg a utilizar de dicho agregado fino.

En la tabla siguiente, se presentan los pesos estimados de los participantes de la mezcla en seco.

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	351	Kg
Agua	193	Litro
Agregado grueso	1034	Kg
Agregado fino	749	Kg

La tabla previamente expuesta, es asumiendo que los agregados estén secos. Que quiere decir que no presenten humedad ni absorción. Pero como se sabe en un trabajo real no es así. Por ende, se tiene que hacer un arreglo a la dosificación con la consideración de las características de los agregados.

Se consideró la humedad que aporta cada tipo de agregado, multiplicando el peso por el porcentaje de humedad respectivo. Entonces se halló valores de 1035.6 Kg en el grueso y 753.8 Kg en el fino.

Se estimó la humedad superficial que es la diferencia entre el valor de la humedad y la absorción. Así se halló los valores de -0.2% en el grueso y 1.8% en el fino.

Se operó multiplicando la humedad superficial por el peso del agregado húmedo. Entonces se obtuvo -2.3 L en el grueso y -13.4 L en el fino. Asimismo, al sumar ambos valores se obtuvo un valor de -15.7 L.

Se calculó la cantidad de agua restando lo que aportan o quitan los agregados, en este caso 193 L menos los -15.7 L, que es igual a 208.7 L.

En la tabla siguiente, se presentan los pesos estimados de los participantes de la mezcla con el ajuste de humedad respectivo.

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Cemento	351	Kg
Agua	209	Litro
Agregado grueso	1036	Kg
Agregado fino	754	Kg

ANEXO 3
FOTOGRAFÍAS

El 02/06/2021, se realizó el muestreo del agregado grueso, según la NTP 400.010.



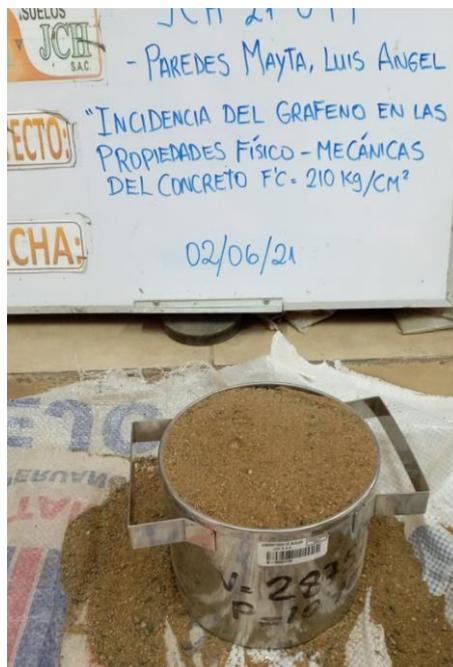
Fotografía 1. Muestreo del agregado grueso

El 02/06/2021, se realizó el peso unitario suelto del agregado grueso, según la NTP 400.017.



Fotografía 2. Peso unitario suelto del agregado grueso

El 02/06/2021, se realizó el peso unitario suelto del agregado grueso, según la NTP 400.017.



Fotografía 3. Peso unitario suelto del agregado fino

El 02/06/2021, se realizó el peso en el agua del agregado grueso, con la finalidad de obtener el peso específico y absorción del agregado grueso, según la NTP 400.021.



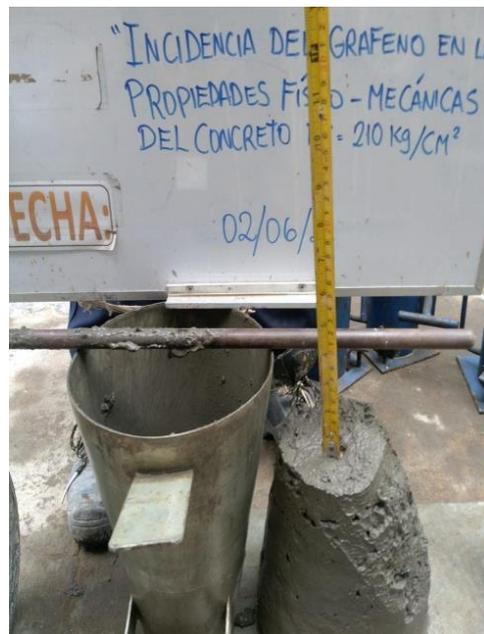
Fotografía 4. Peso en el agua del agregado grueso.

El 02/06/2021, se realizó la elaboración del concreto con la incorporación de grafeno.



Fotografía 5. Elaboración del concreto con la incorporación de grafeno

El 02/06/2021, se realizó la medida del slump del concreto en estado fresco.



Fotografía 6. Medida del slump

El 02/06/2021, se realizó la elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas (vigas).



Fotografía 7. Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas (vigas)

El 02/06/2021, se realizó la granulometría del agregado fino, según norma N.T.P. 400.012.



Fotografía 8. Granulometría del agregado fino

El 02/06/2021, se realizó la granulometría del agregado fino, se pesa el material retenido en cada uno de los tamices, según norma N.T.P. 400.012.



Fotografía 9. Granulometría del agregado fino, pesos retenidos.

El 02/06/2021, se realizó la granulometría del agregado grueso, según norma N.T.P. 400.012.



Fotografía 10. Granulometría del agregado grueso

El 01/07/2021, se realizó el ensayo de la viga a flexión, según norma ASTM C39.



Fotografía 11. Ensayo a compresión

El 01/07/2021, se realizó el ensayo de la viga a flexión, según norma ASTM C78.



Fotografía 12. Ensayo a flexión de la viga

El 01/07/2021, se realizó el ensayo de la viga a flexión, según norma ASTM C78.



Fotografía 13. Viga ensayada a flexión

El 01/07/2021, se realizó el ensayo a tracción por compresión diametral, según norma ASTM C496.



Fotografía 14. Ensayo a tracción por compresión diametral

ANEXO 4
CERTIFICADOS DEL LABORATORIO

	REGISTRO	Código : -
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Revisión : 2
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

INFORME : JCH 21-094
SOLICITANTE : PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
PROYECTO : INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2
UBICACION : LIMA
ASUNTO : Diseño de mezcla f 'c = 210 Kg/cm²

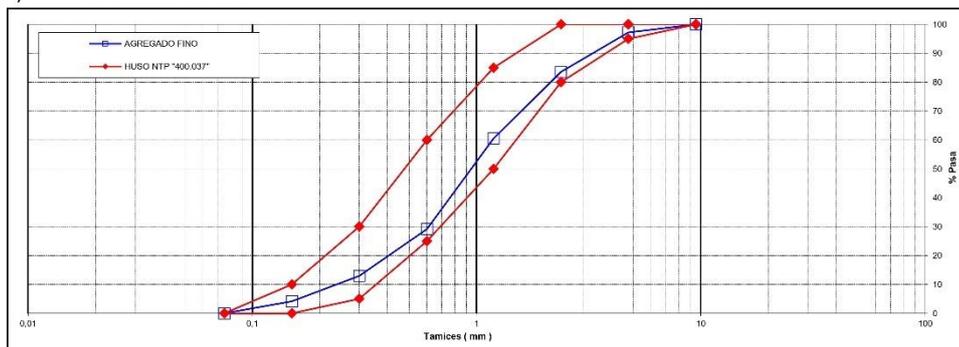
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :

ARENA GRUESA procedente de la cantera
 Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO

TAMIZ (Pulg)	(mm)	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA HUSO NTP "400.037"
1"	25				
3/4"	19				
1/2"	12,5				
3/8"	9,5	0,0	0,0	100,0	100 - 100
N°4	4,75	2,8	2,8	97,2	95 - 100
N°8	2,38	13,6	16,4	83,6	80 - 100
N°16	1,19	23,1	39,5	60,5	50 - 85
N°30	0,6	31,4	70,9	29,1	25 - 60
N°50	0,3	16,2	87,1	12,9	5 - 30
N°100	0,15	8,8	95,8	4,2	0 - 10
FONDO		4,2	100,0	0,0	0 - 0

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS

Módulo de Fineza	3,13
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1.578
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1.829
Peso Especifico	2,51
Contenido de Humedad (%)	0,7
Porcentaje de Absorción (%)	2,46




**JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667**

 LABORATORIO GEOTÉCNICO	REGISTRO	Código : -
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Revisión : 2
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

INFORME : JCH 21-094
SOLICITANTE : PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
PROYECTO : INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 210$
UBICACIÓN : LIMA
ASUNTO : Diseño de mezcla $f'c = 210$ Kg/cm²

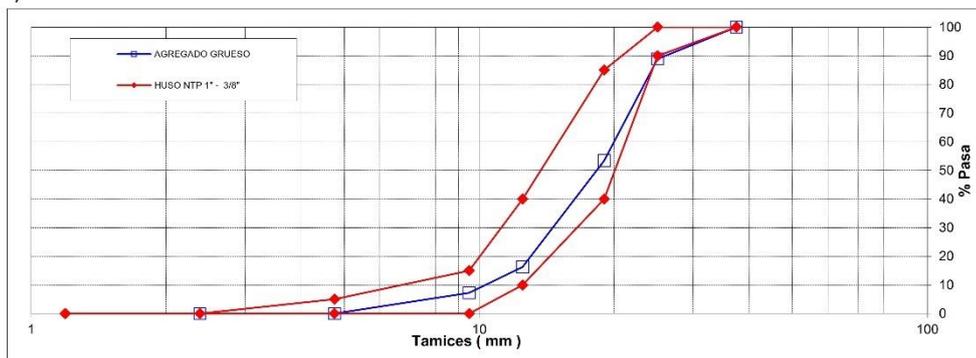
CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :

PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera
 Muestra proporcionada e identificada por el peticionario.

A) ANALISIS GRANULOMETRICO

TAMIZ		%	% RET.	%	% PASA
(Pulg)	(mm)	RET.	ACUM.	PASA	HUSO NTP 1" - 3/8"
2 1/2"	63				
2"	50				
1 1/2"	37,5	0,0	0,0	100,0	100 - 100
1"	25	11,1	11,1	88,9	90 - 100
3/4"	19	35,5	46,6	53,4	40 - 85
1/2"	12,5	37,1	83,7	16,3	10 - 40
3/8"	9,5	9,0	92,8	7,2	0 - 15
Nº4	4,75	7,2	100,0	0,0	0 - 5
Nº8	2,38	0,0	100,0	0,0	-
Nº16	1,19				-
FONDO					

B) CURVA DE GRANULOMETRIA



C) PROPIEDAS FISICAS

Tamaño Nominal Máximo	1"
Módulo de Fineza	6,39
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1.510
Peso Unitario Compactado (Kg/m ³)	1.623
Peso Específico	2,72
Contenido de Humedad (%)	0,17
Porcentaje de Absorción (%)	0,39




JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L - Lima - Perú

E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : -

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM C566, NTP 339.185**

INFORME N° : JCH 21-094
SOLICITANTE : PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
PROYECTO : INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2
UBICACIÓN : LIMA
FECHA : MAYO DEL 2021

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -
Calicata : -
Muestra : -
Prof. (m) : - **Fecha de Recepción** : 25/05/21
Progresiva : - **Fecha de Ejecución** : 28/05/21
Coordenadas : -

Recipiente N°	ARENA	PIEDRA
Peso de suelo humedo + tara g	729,7	3225,0
Peso de suelo seco + tara g	725,3	3220,0
Peso de tara g	72,0	202,0
Peso de agua g	4,4	5,0
Peso de suelo seco g	653,3	3018,0
Contenido de agua %	0,67	0,17
Contenido de Humedad (%)	0,67	0,17

Observacion : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por Tec. J.Ch

Equipos Usados
 Bal-TAJ4001-N°1
 Hor-01-jch




**JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667**

 LABORATORIO GEOTECNICO	REGISTRO	Código : CFE-01 Revisión : 1
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Página : 1 de 1

**MÉTODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO ENDURECIDO
NTP 339.034-11 / ASTM C39-07**

INFORME JCH 21-094
Solicitante PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
Proyecto INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2
Ubicación LIMA
Muestra Natural + Grafeno

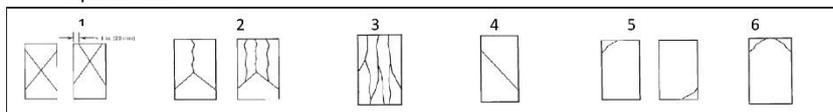
Fecha Rotura (7D) 10/06/2021

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	EDAD días	DIÁMETRO mm	FUERZA MÁXIMA KN	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	TIPO FALLA
Patrón	03/06/2021	7	101,5	165,90	80,83	209	2
Patrón	03/06/2021	7	101,9	163,00	81,55	204	2
Patrón	03/06/2021	7	102,2	165,50	81,95	206	5
Patrón+Aditivo 0.025%	03/06/2021	7	102,7	193,30	82,84	238	2
Patrón+Aditivo 0.025%	03/06/2021	7	101,8	195,60	81,39	245	2
Patrón+Aditivo 0.025%	03/06/2021	7	102,1	196,20	81,79	245	2
Patrón+Aditivo 0.050%	03/06/2021	7	101,6	208,90	81,07	263	2
Patrón+Aditivo 0.050%	03/06/2021	7	102,0	209,90	81,63	262	1
Patrón+Aditivo 0.050%	03/06/2021	7	101,5	205,80	80,91	259	4
Patrón+Aditivo 0.075%	03/06/2021	7	101,3	219,60	80,60	278	4
Patrón+Aditivo 0.075%	03/06/2021	7	102,8	223,00	83,00	274	4
Patrón+Aditivo 0.075%	03/06/2021	7	101,9	218,80	81,55	273	4

Consideraciones :

- No se observaron fallas atípicas en las roturas
- Las probetas fueron remoldeadas por el solicitante
- El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de Neopreno

Tipos de Falla




**JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667**

	REGISTRO	Código : CFE-01 Revisión : 1
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Página : 1 de 1

**MÉTODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO ENDURECIDO
NTP 339.034-11 / ASTM C39-07**

INFORME JCH 21-094
Solicitante PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
Proyecto INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2
Ubicación LIMA
Muestra Natural + Grafeno

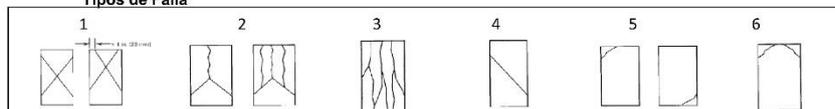
Fecha Rotura (14D) 17/06/2021

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	EDAD días	DIÁMETRO mm	FUERZA MÁXIMA KN	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	TIPO FALLA
Patrón	03/06/2021	14	100,8	200,00	79,72	256	1
Patrón	03/06/2021	14	101,2	212,20	80,36	269	3
Patrón	03/06/2021	14	101,9	205,50	81,47	257	3
Patrón+Aditivo 0.025%	03/06/2021	14	102,7	236,30	82,76	291	2
Patrón+Aditivo 0.025%	03/06/2021	14	101,5	232,20	80,91	293	1
Patrón+Aditivo 0.025%	03/06/2021	14	102,2	235,50	82,03	293	1
Patrón+Aditivo 0.050%	03/06/2021	14	102,2	242,60	82,03	301	1
Patrón+Aditivo 0.050%	03/06/2021	14	100,4	246,80	79,17	318	2
Patrón+Aditivo 0.050%	03/06/2021	14	101,7	244,70	81,23	307	3
Patrón+Aditivo 0.075%	03/06/2021	14	101,2	262,20	80,44	332	1
Patrón+Aditivo 0.075%	03/06/2021	14	101,1	260,10	80,28	330	1
Patrón+Aditivo 0.075%	03/06/2021	14	101,1	265,50	80,28	337	2

Consideraciones :

- No se observaron fallas atípicas en las roturas
- Las probetas fueron remoldeadas por el solicitante
- El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de Neopreno

Tipos de Falla



Javier Francisco Ulloa Clavijo
JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

 LAB SUELOS JCH S.A.C. LABORATORIO GEOTECNICO	REGISTRO	Código : CFE-01 Revisión : 1
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Página : 1 de 1

MÉTODO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO ENDURECIDO
NTP 339.034-11 / ASTM C39-07

INFORME JCH 21-094
Solicitante PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
Proyecto INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2
Ubicación LIMA
Muestra Natural + Grafeno

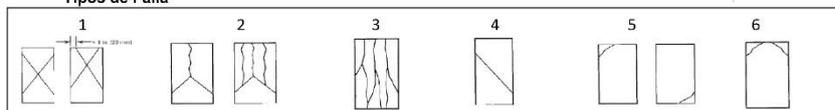
Fecha Rotura (28D) 01/07/2021

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	EDAD días	DIÁMETRO mm	FUERZA MÁXIMA KN	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	TIPO FALLA
Patrón	03/06/2021	28	102,3	227,00	82,19	282	2
Patrón	03/06/2021	28	100,8	230,00	79,80	294	2
Patrón	03/06/2021	28	101,3	233,30	80,60	295	5
Patrón+Aditivo 0.025%	03/06/2021	28	101,5	256,60	80,83	324	2
Patrón+Aditivo 0.025%	03/06/2021	28	101,2	262,20	80,36	333	2
Patrón+Aditivo 0.025%	03/06/2021	28	101,7	252,20	81,15	317	2
Patrón+Aditivo 0.050%	03/06/2021	28	101,4	275,50	80,67	348	2
Patrón+Aditivo 0.050%	03/06/2021	28	101,1	271,10	80,20	345	1
Patrón+Aditivo 0.050%	03/06/2021	28	102,1	269,60	81,79	336	4
Patrón+Aditivo 0.075%	03/06/2021	28	100,2	282,20	78,85	365	4
Patrón+Aditivo 0.075%	03/06/2021	28	101,8	288,90	81,31	362	4
Patrón+Aditivo 0.075%	03/06/2021	28	102,4	293,30	82,27	363	4

Consideraciones :

- No se observaron fallas atípicas en las roturas
- Las probetas fueron remoldeadas por el solicitante
- El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de Neopreno

Tipos de Falla




JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

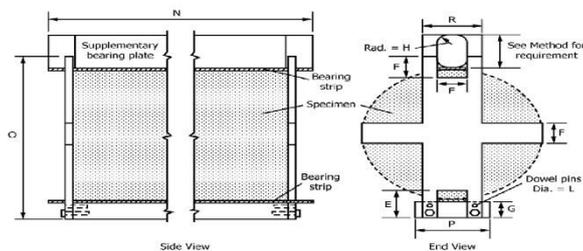
	INFORME		Código	
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO		Versión	01
			Fecha	
			Página	1 de 1

N° de Informe : JCH 21-094
 Proyecto : INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2
 Solicitante : PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
 Ubicación : LIMA
 Fecha : JUNIO DEL 2021

Tipo de muestra : Concreto endurecido
 Presentación : Especímenes cilíndricos
 Fc de diseño : 210 kg/cm2

**Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
 ASTM C496/C496M-17**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIAMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
Natural 0,55	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,5	10,12	7106,6	21,8 kg/cm2
Natural 0,55	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,2	10,1	6953,7	21,7 kg/cm2
Natural 0,55	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,3	10,15	6872,1	21,2 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,025%	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,4	10,09	7323,7	22,7 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,025%	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,3	10,08	7375,7	22,9 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,025%	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,22	10,15	7451,1	23,1 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,050%	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,33	10,00	7891,4	24,7 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,050%	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,55	10,12	7935,3	24,3 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,050%	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,32	10,11	8003,5	24,8 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,075%	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,36	10,2	8220,7	25,2 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,075%	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,19	10,18	8276,7	25,6 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,075%	03/06/2021	10/06/2021	7 días	20,26	10,21	8395,0	25,8 kg/cm2



OBSERVACIONES:
 * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
 * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

Fuente: ASTM C496




**JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667**

Equipos Usados
Prensa Uniaxial
Pie de rey

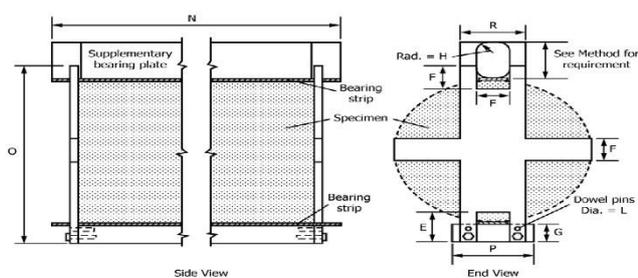
	INFORME	Código	
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

N° de Informe : JCH 21-094
 Proyecto : INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2
 Solicitante : PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
 Ubicación : LIMA
 Fecha : JULIO DEL 2021

Tipo de muestra : Concreto endurecido
 Presentación : Especímenes cilíndricos
 F'c de diseño : 210 kg/cm2

**Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
 ASTM C496/C496M-17**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIAMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
Natural 0,55	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,2	10,1	8125,9	25,4 kg/cm2
Natural 0,55	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,3	10,2	7973,0	24,5 kg/cm2
Natural 0,55	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,5	10,2	7885,3	24,0 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,025%	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,3	10,15	8279,8	25,6 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,025%	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,2	10,15	8393,9	26,1 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,025%	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,33	10,2	8486,7	26,1 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,050%	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,2	10,10	8925,0	27,8 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,050%	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,15	10,11	8971,9	28,0 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,050%	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,26	10,15	8996,3	27,9 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,075%	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,32	10,05	9241,0	28,8 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,075%	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,25	10,08	9314,4	29,1 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,075%	03/06/2021	17/06/2021	14 días	20,3	10,2	9433,6	29,0 kg/cm2



OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo



Fuente: ASTM C496

Javier Del
**JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667**

Equipos Usados
Prensa Uniaxial
Pie de rey

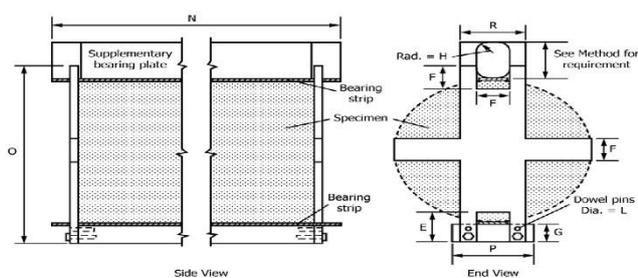
	INFORME	Código	
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL - MÉTODO BRASILEIRO	Versión	01
		Fecha	
		Página	1 de 1

N° de Informe : JCH 21-094
 Proyecto : INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2
 Solicitante : PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
 Ubicación : LIMA
 Fecha : JULIO DEL 2021

Tipo de muestra : Concreto endurecido
 Presentación : Especímenes cilíndricos
 F'c de diseño : 210 kg/cm2

**Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens
 ASTM C496/C496M-17**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	LONGITUD (cm)	DIAMETRO (cm)	FUERZA MÁXIMA (kg)	TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL
Natural 0,55	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,26	10,06	9022,8	28,2 kg/cm2
Natural 0,55	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,19	10,11	8822,0	27,5 kg/cm2
Natural 0,55	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,22	10,15	8891,4	27,6 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,025%	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,21	10,16	9331,7	28,9 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,025%	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,32	10,06	9414,3	29,3 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,025%	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,16	10,16	9433,6	29,3 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,050%	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,15	10,14	9932,1	30,9 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,050%	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,18	10,1	10042,1	31,4 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,050%	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,22	10,12	10042,1	31,2 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,075%	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,26	10,2	10216,4	31,5 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,075%	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,18	10,2	10318,4	31,9 kg/cm2
Natural 0,55 + Aditivo 0,075%	03/06/2021	01/07/2021	28 días	20,21	10,11	10423,4	32,5 kg/cm2



OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo

Fuente: ASTM C496




JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

Equipos Usados
Prensa Uniaxial
Pie de rey

 LABORATORIO GEOTECNICO	FORMATO	Código	CFE-10
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Informe : JCH-21-094
Solicitante : PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
Proyecto : INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO
 F'C = 210 KG/CM2
Ubicación : LIMA
Fecha : JUNIO DEL 2021

Tipo de muestra : Concreto endurecido

F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN ESPECIMEN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Lo (cm)	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	03/06/2021	10/06/2021	7 días	15,2	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	22 kg/cm2
Concreto Patrón	03/06/2021	10/06/2021	7 días	15,2	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	20 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,025%	03/06/2021	10/06/2021	7 días	15,2	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	25 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,025%	03/06/2021	10/06/2021	7 días	15,2	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	26 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,050%	04/06/2021	11/06/2021	7 días	15,2	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	28 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,050%	04/06/2021	11/06/2021	7 días	15,1	15,2	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	29 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,075%	04/06/2021	11/06/2021	7 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	31 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,075%	04/06/2021	11/06/2021	7 días	0,0	0,0	0,0	45,0	TERCIO CENTRAL	32 kg/cm2

Equipos Usados
Máquina de Compresión

Ejecutado por: J.T.R.

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo




JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

 LABORATORIO GEOTECNICO	FORMATO	Código	CFE-10
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Informe : JCH-21-094
Solicitante : PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
Proyecto : INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO
 F'C = 210 KG/CM2
Ubicación : LIMA
Fecha : JUNIO DEL 2021

Tipo de muestra : Concreto endurecido

F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN ESPECIMEN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Lo (cm)	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	03/06/2021	17/06/2021	14 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	22 kg/cm2
Concreto Patrón	03/06/2021	17/06/2021	14 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	23 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,025%	03/06/2021	17/06/2021	14 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	27 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,025%	03/06/2021	17/06/2021	14 días	15,0	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	28 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,050%	04/06/2021	18/06/2021	14 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	29 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,050%	04/06/2021	18/06/2021	14 días	15,1	15,2	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	30 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,075%	04/06/2021	18/06/2021	14 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	33 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,075%	04/06/2021	18/06/2021	14 días	0,0	0,0	0,0	45,0	TERCIO CENTRAL	34 kg/cm2

Equipos Usados
Máquina de Compresión

Ejecutado por: J.T.R.

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo




JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

 LABORATORIO GEOTECNICO	FORMATO	Código	CFE-10
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Informe : JCH-21-094
Solicitante : PAREDES MAYTA, LUIS ANGEL
Proyecto : INCIDENCIA DEL GRAFENO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO
 F'C = 210 KG/CM2
Ubicación : LIMA
Fecha : JUNIO DEL 2021

Tipo de muestra : Concreto endurecido

F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN ESPECIMÉN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Lo (cm)	UBICACIÓN DE FALLA	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	03/06/2021	01/07/2021	28 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	24 kg/cm2
Concreto Patrón	03/06/2021	01/07/2021	28 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	25 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,025%	03/06/2021	01/07/2021	28 días	15,2	15,2	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	29 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,025%	03/06/2021	01/07/2021	28 días	15,2	15,2	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	30 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,050%	04/06/2021	02/07/2021	28 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	31 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,050%	04/06/2021	02/07/2021	28 días	15,1	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	33 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,075%	04/06/2021	02/07/2021	28 días	15,2	15,1	51,0	45,0	TERCIO CENTRAL	37 kg/cm2
Concreto Patrón + Aditivo 0,075%	04/06/2021	02/07/2021	28 días	0,0	0,0	0,0	45,0	TERCIO CENTRAL	37 kg/cm2

Equipos Usados
Máquina de Compresión

Ejecutado por: J.T.R.

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo




**JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667**



Punto de Precisión SAC

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-608-2020

Página: 1 de 3

Expediente : 172-2020
Fecha de Emisión : 2020-11-16

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV.
SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : TAJ4001

Número de Serie : 8338110064

Alcance de Indicación : 4 000 g

División de Escala de Verificación (e) : 0,1 g

División de Escala Real (d) : 0,1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : BAL-TAJ4001 - N° 1

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2020-11-13

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 $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-608-2020

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	25,6	25,9
Humedad Relativa	50,0	51,0

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	IP-296-2019

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 4 000,0 g

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 4 000,4 g para una carga de 4 000,0 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrología Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	25,9	25,7

Medición N°	Carga L1= 2 000,0 g			Carga L2= 4 000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	2 000,0	0,07	-0,03	4 000,0	0,06	-0,02
2	2 000,0	0,06	-0,02	4 000,0	0,05	-0,01
3	2 000,0	0,08	-0,04	4 000,0	0,09	-0,05
4	2 000,0	0,06	-0,02	3 999,9	0,06	-0,12
5	2 000,0	0,06	-0,02	4 000,0	0,08	-0,04
6	2 000,0	0,09	-0,05	4 000,0	0,06	-0,02
7	2 000,0	0,06	-0,02	4 000,0	0,07	-0,03
8	2 000,0	0,07	-0,03	4 000,0	0,06	-0,02
9	2 000,0	0,05	-0,01	4 000,0	0,08	-0,04
10	2 000,0	0,08	-0,04	4 000,1	0,09	0,05
Diferencia Máxima			0,04			0,17
Error máximo permitido ±	0,3 g			± 0,3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-608-2020

Página: 3 de 3

2	1	5
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temp. (°C)	Inicial	Final
	25,7	25,6

Posición de la Carga	Determinación de E ₂				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1,0	1,0	0,06	-0,01	1 300,0	1 300,0	0,08	-0,03	-0,02
2		1,0	0,05	0,00		1 300,0	0,06	-0,01	-0,01
3		1,0	0,08	-0,03		1 300,1	0,09	0,06	0,09
4		1,0	0,06	-0,01		1 300,0	0,06	-0,01	0,00
5		1,0	0,09	-0,04		1 300,0	0,08	-0,03	0,01

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,2 g

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C)	Inicial	Final
	25,6	25,6

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1,00	1,0	0,06	-0,01						
5,00	5,0	0,09	-0,04	-0,03	5,0	0,06	-0,01	0,00	0,1
50,00	50,0	0,08	-0,03	-0,02	50,0	0,08	-0,03	-0,02	0,1
100,00	100,0	0,08	-0,03	-0,02	100,0	0,08	-0,03	-0,02	0,1
500,00	500,0	0,06	-0,01	0,00	500,0	0,07	-0,02	-0,01	0,1
700,00	700,0	0,05	0,00	0,01	700,1	0,06	0,09	0,10	0,2
1 000,00	1 000,0	0,09	-0,04	-0,03	1 000,1	0,08	0,07	0,08	0,2
1 500,00	1 500,0	0,07	-0,02	-0,01	1 500,0	0,09	-0,04	-0,03	0,2
2 000,01	2 000,0	0,06	-0,02	-0,01	2 000,0	0,06	-0,02	-0,01	0,2
3 000,01	3 000,1	0,08	0,06	0,07	3 000,1	0,07	0,07	0,08	0,3
4 000,01	4 000,1	0,09	0,05	0,06	4 000,1	0,09	0,05	0,06	0,3

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 7,70 \times 10^{-7} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{4,43 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 1,57 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-611-2020

Página: 1 de 3

Expediente : 172-2020
Fecha de Emisión : 2020-11-16

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV.
SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS
Modelo : R31P30
Número de Serie : 8338210058

Alcance de Indicación : 30 000 g

División de Escala de Verificación (e) : 1 g

División de Escala Real (d) : 1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : BAL-R31P30 - N° 3

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2020-11-13

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 $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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 reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

3. Método de Calibración

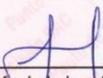
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.
AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033**



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-611-2020

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	24,0	24,1
Humedad Relativa	53,9	53,9

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	IP-296-2019
	Pesa (exactitud F1)	M-0527-2020
	Pesa (exactitud F1)	M-0526-2020
	Pesa (exactitud F1)	M-0529-2020

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 30 000 g

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29 996 g para una carga de 30 000 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

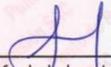
INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 24,0			Final 24,0		
	Carga L1= 15 000 g			Carga L2= 30 000 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,8	-0,4
2	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,2
3	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,2
4	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	-0,1
5	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,8	-0,4
6	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,2
7	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,9	-0,5
8	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,2
9	15 000	0,9	-0,4	30 001	0,6	0,8
10	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,8	-0,4
Diferencia Máxima	0,4			1,3		
Error máximo permitido ±	2 g			3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-611-2020

Página: 3 de 3

2	1	5
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temp. (°C)	Inicial	Final
	24,0	24,0

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	10	10	0,5	0,0	10 000	10 000	0,7	-0,2	-0,2
2		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0
3		10	0,6	-0,1		10 000	0,8	-0,3	-0,2
4		10	0,8	-0,3		10 000	0,6	-0,1	0,2
5		10	0,9	-0,4		10 000	0,6	-0,1	0,3

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 2 g

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C)	Inicial	Final
	24,0	24,1

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
10,0	10	0,6	-0,1						
50,0	50	0,6	-0,1	0,0	50	0,7	-0,2	-0,1	1
500,0	500	0,5	0,0	0,1	500	0,8	-0,3	-0,2	1
2 000,0	2 000	0,9	-0,4	-0,3	2 000	0,8	-0,3	-0,2	1
5 000,0	5 000	0,6	-0,1	0,0	5 000	0,5	0,0	0,1	1
7 000,0	7 000	0,8	-0,3	-0,2	7 000	0,8	-0,3	-0,2	2
10 000,0	10 000	0,6	-0,1	0,0	10 000	0,7	-0,2	-0,1	2
15 000,0	15 000	0,7	-0,2	-0,1	15 000	0,6	-0,1	0,0	2
20 000,0	20 000	0,5	0,0	0,1	20 001	0,9	0,6	0,7	2
25 000,0	25 000	0,8	-0,3	-0,2	25 000	0,6	-0,1	0,0	3
30 000,1	30 000	0,9	-0,5	-0,4	30 000	0,9	-0,5	-0,4	3

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 9,06 \times 10^{-6} \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{3,32 \times 10^{-4} g^2 + 1,11 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 143 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 100-2021
Fecha de emisión : 2021-03-22

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

1. Solicitante : LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C.

Dirección : AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : G&L LABORATORIO
Modelo de Prensa : STYE-2000
Serie de Prensa : 170251
Capacidad de Prensa : 2000 kN
Código de Identificación : SPE-007

Marca de indicador : MC
Modelo de Indicador : LM-02
Serie de Indicador : NO INDICA

Bomba Hidraulica : ELÉCTRICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA NRO. 2236 APV. SAN HILARION - SAN JUAN DE LURIGANCHO - LIMA
19 - MARZO - 2021

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	KELI	INF-LE 255-2019	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	HIWEIGH		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	29,3	29,3
Humedad %	42	42

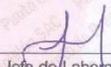
7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 143 - 2021

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	100,939	100,840	-0,94	-0,84	100,9	-0,88	0,10
200	200,536	199,516	-0,27	0,24	200,0	-0,01	0,51
300	299,485	300,269	0,17	-0,09	299,9	0,04	-0,26
400	400,091	399,415	-0,02	0,15	399,8	0,06	0,17
500	500,580	500,050	-0,12	-0,01	500,3	-0,06	0,11
600	602,961	601,450	-0,49	-0,24	602,2	-0,37	0,25
700	704,882	703,692	-0,70	-0,53	704,3	-0,61	0,17

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- Coefficiente Correlación : $R^2 = 1$

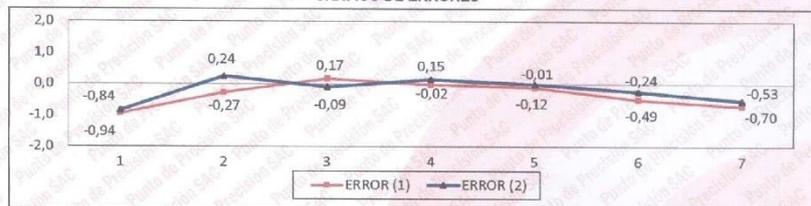
Ecuación de ajuste : $y = 0,9946x + 1,097$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kN)

GRÁFICO N° 1



GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

ANEXO 5
NORMAS TÉCNICAS PERUANAS

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.034
2008

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

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

CONCRETE . Standard Test method for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C39/C39M-05e1 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. –Reimpreso por autorización de ASTM International

2008-01-02
3ª Edición

R.001-2008/INDECOPI-CRT. Publicada el 2008-01-25

Precio basado en 18 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Hormigón, concreto, resistencia, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.078
2012

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

CONCRETE. Standard test method for flexural strength of concrete using simple beam with third-point loading

2012-09-26
3ª Edición

R.0092-2012/CNB-INDECOPI. Publicada el 2012-10-31

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Concreto, vigas, resistencia a la flexión, ensayo

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 400.012
2001

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

2001-05-31
2ª Edición

R.0071-2001/INDECOPI-CRT.Pública el 2001-06-17

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico

NORMA TÉCNICA	NTP 339.035
PERUANA	2009

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145
Lima, Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland

CONCRETE. Standard test method for mesure slump of Portland cement concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2009-12-23
3ª Edición

R.034-2009/INDECOPI-CNB. Publicada el 2010-02-20
I.C.S.: 91.100.10
Descriptores: Concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad

Precio basado en 09 páginas
ESTA NORMA ES RECOMENDABLE