



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN
RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD
DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS
TEMPERATURAS JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA - PERÚ

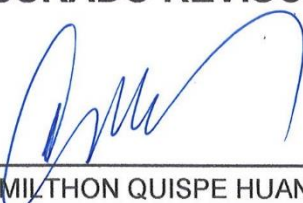
2024

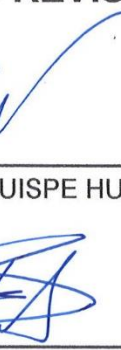



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN
RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD
DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS
TEMPERATURAS JULIACA


TESIS PRESENTADA POR:
Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA
PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

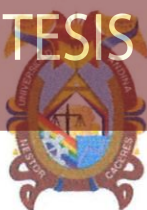
PRESIDENTE : 
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO : 
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO : 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS : 
Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

LINEA DE INVESTIGACIÓN : **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17**



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 001-2025-D-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de enero de 2025

VISTOS:

El OFICIO N° 123-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N° 485-2024 de fecha 25 de octubre de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Civil** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **VIANEY YARA HUANCA MULLISACA**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- * **Presidente** : **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- * **1er Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **2do Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **Asesor** : **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **VIANEY YARA HUANCA MULLISACA**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 10 de enero de 2025
- * **HORA** : 08:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



C.c.
Arch. 2024
Interesado
Escuela Profesional

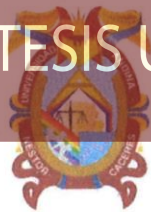
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. **MILTHON QUISPE HUANCA**
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA**
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531



RESOLUCIÓN DECANAL N° 485-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de octubre de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 167-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias, **INFORME N° 097-2024-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1312-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **30 de noviembre de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **14 de octubre de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **VIANEY YARA HUANCA MULLISACA**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- * **1er Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **2do Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 821-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **VIANEY YARA HUANCA MULLISACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**.

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

C.c.
archivo 2024
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1312-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 30 de noviembre 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 752-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 210-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 086-2023-UANCV-FICP-UI-CI** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **22 de noviembre de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **VIANEY YARA HUANCA MULLISACA**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- * **1er Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **VIANEY YARA HUANCA MULLISACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc. archivo 2023 interesado (a).



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP 95531



INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Vianey Yara Huanca Mullisaca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76064127
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-9057-483X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Fritz Willy Mamani Apaza
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02306659
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0268-5061
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Leonel Suasaca Pelinco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676

Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la construcción - P - 17
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>Edificio: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez – laboratorio País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Calle: carretera Juliaca- Puno Latitud: S 15°32'01.3" Longitud: O 70°07'02.2"</p>  <p>https://www.google.com/maps/d/edit?hl=es&mid=1-Y3OBpONUBk9GY8S3wS83bPd8_dSWhg&ll=-15.533842371965171%2C-70.11737762895666&z=18</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2023 - Enero 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html	<p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p> <p>Ingeniería estructural https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04</p>



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo VIANEY YARA HUANCA MULLISACA, identificado con DNI Nro. 76064127 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA

TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO

A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

Asesorado por: MGR FRITZ WILLY MAHANI APAZA

Es un tema original.

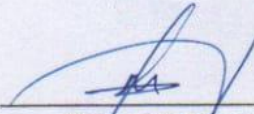
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

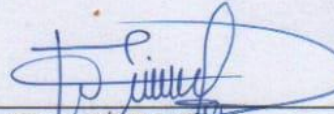
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 09 de Abril del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

Quisiera expresar mi gratitud a mis hermanos por su inquebrantable apoyo en todo momento y su inquebrantable convicción de que es posible alcanzar las metas que uno se propone mediante el trabajo duro y el sacrificio. En particular, quisiera expresar mi gratitud a mis padres, Julia Angélica y Sixto Huanca, por su sabiduría, orientación, amor, comprensión y apoyo inquebrantable, que hicieron posible que terminara mis estudios.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quisiera expresar mi gratitud a Dios Todopoderoso, que no sólo me mantiene con vida, sino que también me da la capacidad de alcanzar una meta más ambiciosa que cualquier cosa que hubiera podido imaginar para mi vida.

VIANEY YARA HUANCA MULLISACA



INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCION	xiv

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. EXPOSICIÓN DE LA SITUACION PROBLEMÁTICA	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	3
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES	6
1.5.1. HIPOTESIS	6
1.5.1.1. HIPOTESIS GENERAL.....	6
1.5.1.2. HIPOTESIS ESPECIFICO	6
1.5.2. VARIABLES	7
1.5.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	7
1.5.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE	7



1.5.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES 7

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO O REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 8

2.2. MARCO TEORICO INICIAL 11

 2.2.1. CONCRETO11

 2.2.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO18

 2.2.3. ADITIVOS PARA CONCRETO26

 2.2.4. NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO28

2.3. MARCO CONCEPTUAL 30

 2.3.1. NANOTECNOLOGIA30

 2.3.2. DIFERENCIAS GRAFITO Y GRAFENO30

 2.3.3. DOSIFICACION31

 2.3.4. FACTORES AMBIENTALES EN ALTITUDES SUPERIORES32

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... 33

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN 33

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN..... 33

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA 34

 3.4.1. POBLACION34

 3.4.2. MUESTRA34

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS 34

 3.5.1. TÉCNICAS.....34

 3.5.2. INSTRUMENTOS35

3.6. PROCEDIMIENTOS..... 35

3.7. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS..... 52



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO..... 56

4.1.1. CONCRETO PATRÓN56

4.1.2. CONCRETO CON GRAFITO DE 1%, 3% Y 5%.....59

4.2. TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA (ASTM C143, NTP 339.035) 66

4.3.RENTABILIDAD DEL CONCRETO CON LA ADICIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO FRENTE A UN CONCRETO TRADICIONAL..... 70

4.3.1. COSTO DEL CONCRETO PATRÓN.....70

4.3.2. COSTO DE CONCRETO CON 1% DE GRAFITO.....71

4.3.3. COSTO DE CONCRETO CON 3% DE GRAFITO.....71

4.3.4. COSTO DE CONCRETO CON 5% DE GRAFITO.....71

4.3.5. RESUMEN DE COSTO TOTAL.....72

4.4. DISCUSIÓN 73

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 78

CONCLUSIONES 78

RECOMENDACIONES..... 79

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 80

ANEXOS.....84

MATRIZ DE CONSISTENCIA 84



INDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Operacionalización de variables</i>	7
Tabla 2	<i>Componentes Cemento Pórtland</i>	12
Tabla 3	<i>Tipos de Cemento Pórtland</i>	13
Tabla 4	<i>Requerimientos de granulometría para el agregado fino.</i>	15
Tabla 5	<i>Requerimientos de granulometría de los agregados gruesos.</i>	16
Tabla 6	<i>Limites permisible para agua de mezcla y de curado según la norma ITINTEC 339.088</i>	18
Tabla 7	<i>Descripción de trabajabilidad y magnitud de revenimiento</i>	20
Tabla 8	<i>Factores de corrección de resistencia para diferentes relaciones h/d24</i>	
Tabla 9	<i>Efecto del tamaño del espécimen en la resistencia del concreto</i>	25
Tabla 10	<i>Diferencia de grafito y grafeno</i>	31
Tabla 11	<i>Contenido de humedad del agregado fino</i>	37
Tabla 12	<i>Contenido de humedad del agregado grueso</i>	37
Tabla 13	<i>Peso específico y absorción del agregado fino</i>	41
Tabla 14	<i>Peso específico y absorción del agregado grueso</i>	42
Tabla 15	<i>Densidad mínima del agregado fino</i>	44
Tabla 16	<i>Densidad máxima del agregado fino</i>	45
Tabla 17	<i>Densidad mínima del agregado grueso</i>	45
Tabla 18	<i>Densidad máxima del agregado grueso</i>	46
Tabla 19	<i>Granulometría del agregado grueso</i>	49
Tabla 20	<i>Granulometría del agregado fino</i>	50
Tabla 21	<i>Resumen de resultados</i>	51
Tabla 23	<i>Resistencia a la compresión del concreto patrón</i>	57
Tabla 24	<i>Resistencia a la compresión del concreto con 1% de grafito</i>	59



Tabla 25	<i>Resistencia a la compresión del concreto con 3% de grafito</i>	61
Tabla 26	<i>Resistencia a la compresión del concreto con 5% de grafito</i>	63
Tabla 27	<i>Ensayo de asentamiento de concreto patrón</i>	67
Tabla 28	<i>Ensayo de asentamiento del concreto con 1% de grafito</i>	68
Tabla 29	<i>Ensayo de asentamiento del concreto con 3% de grafito</i>	68
Tabla 30	<i>Ensayo de asentamiento del concreto con 5% de grafito</i>	68
Tabla 31	<i>Ensayo de asentamiento y variación con respecto al concreto patrón</i>	69
Tabla 32	<i>Costo del concreto tradicional (patrón) para 1m³ de concreto</i>	70
Tabla 33	<i>Costo del concreto con 1% de nanopartículas de grafito</i>	71
Tabla 34	<i>Costo del concreto con 3% de nanopartículas de grafito</i>	71
Tabla 35	<i>Costo del concreto con 5% de nanopartículas de grafito</i>	71
Tabla 36	<i>Resumen de costos de concreto patrón y con adición del 1% ,3% y 5%</i>	72



INDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Cono de Abrahams</i>	19
Figura 2	<i>Tipos de revenimiento</i>	20
Figura 3	<i>Nanopartículas de grafito</i>	30
Figura 4	<i>Determinando el peso del agregado</i>	36
Figura 5	<i>Determinando el contenido de humedad</i>	36
Figura 6	<i>Agitamiento del picnómetro</i>	40
Figura 7	<i>Determinación del peso del picnómetro con la muestra</i>	40
Figura 8	<i>Llenado el recipiente en tres capas</i>	44
Figura 9	<i>Agitamiento de los tamices con la mano</i>	48
Figura 10	<i>Determinación de los pesos de la muestra retenida</i>	48
Figura 11	<i>Curva granulométrica del agregado grueso</i>	49
Figura 12	<i>Curva granulométrica del agregado fino</i>	50
Figura 13	<i>Resumen de resultados para resistencia a la compresión adicionando polvo de grafito</i>	53
Figura 14	<i>Resumen de resultados para la rentabilidad de costos y resistencia adicionando polvo de grafito</i>	55
Figura 15	<i>Resistencia a la compresión del concreto patrón según edades</i> ...58	
Figura 16	<i>Vaciado del concreto tradicional en las briquetas</i>	58
Figura 17	<i>Ensayo de rompimiento de briqueta</i>	59
Figura 18	<i>Resistencia a la compresión del concreto con 1% de grafito</i>	60
Figura 19	<i>Adición de nanopartículas de grafito</i>	60
Figura 20	<i>Resultados de rompimiento de briqueta</i>	61
Figura 21	<i>Resistencia a la compresión del concreto con 3% de grafito</i>	62
Figura 22	<i>Adición de nanopartículas de grafito en un 3%</i>	62



Figura 23	<i>Ensayo de resistencia a la compresión.....</i>	63
Figura 24	<i>Resistencia a la compresión del concreto con 5% de grafito</i>	64
Figura 25	<i>Adición del 5% de nanopartículas de grafito</i>	64
Figura 26	<i>Ensayo de rompimiento de briqueta.....</i>	65
Figura 27	<i>Evolución de la resistencia a la compresión según edades</i>	65
Figura 28	<i>Ensayo de asentamiento con el cono de Abrahams</i>	67
Figura 29	<i>Evolución del asentamiento</i>	69
Figura 30	<i>Ensayo de asentamiento con el cono de Abrahams</i>	70
Figura 31	<i>Resumen de costo total</i>	72
Figura 32	<i>Evolución de la resistencia a la compresión</i>	74
Figura 33	<i>Evolución del asentamiento</i>	75
Figura 34	<i>Evolución del costo del concreto.....</i>	76



RESUMEN

Esta investigación examinó el efecto de las nanopartículas de grafito en proporciones de 1 % , 3% y 5% del peso del cemento sobre la resistencia a la compresión del hormigón diseñado para una presión de 210 kg / cm² . Para lograrlo se utilizaron nanopartículas de grafito suministradas por Kaceli SAC , de acuerdo a los lineamientos de la norma ACI 211.1 . Se realizaron ensayos de compresión en tres probetas para edades de curado de 7 , 14 y 28 días , comparando una mezcla tradicional con aquellas que contienen adiciones de grafito. Los resultados demostraron un aumento del 12,86 % en la resistencia a la compresión después de 28 días gracias a la incorporación de 1 % de grafito. También se observó una disminución en el revenimiento al incorporar grafito en la mezcla, como también el costo del concreto con nanopartículas de grafito en 1% se eleva en un 91.75 S/. soles del costo del concreto patrón. Finalmente, se sugiere llevar a cabo investigaciones más profundas sobre el grafito y sus usos en distintas áreas de la ingeniería. Esto podría contribuir a desarrollar nuevos métodos constructivos innovadores para la ingeniería.

Palabras clave: Grafito, Concreto, Resistencia, Compresión, trabajabilidad, rentabilidad



ABSTRACT

This research examined the effect of graphite nanoparticles in proportions of 1 % , 3% and 5% of the weight of cement on the compressive strength of concrete designed for a pressure of 210 kg / cm² . To achieve this, graphite nanoparticles supplied by Kaceli SAC were used, according to the guidelines of the ACI 211.1 standard. Compression tests were performed on three specimens for curing ages of 7, 14 and 28 days, comparing a traditional mix with those containing graphite additions. The results showed a 12.86 % increase in compressive strength after 28 days due to the incorporation of 1 % graphite. A decrease in the slump was also observed when incorporating graphite in the mix, as well as the cost of concrete with 1% graphite nanoparticles is 91.75 S/. soles higher than the cost of the standard concrete. Finally, it is suggested to carry out further research on graphite and its uses in different areas of engineering. This could contribute to the development of new innovative construction methods for engineering.

Keywords: Graphite, Concrete, Strength, Compression, workability, profitability



INTRODUCCION

El aumento de la población mundial ha hecho que el material de construcción más utilizado sea esencial para diversas infraestructuras. Hoy en día, su evolución lo ha transformado en un material avanzado con un potencial considerable para impulsar la evolución de la industria de la construcción.

La investigación se centra en optimizar el uso del hormigón para garantizar el cumplimiento de las normas reglamentarias internacionales. En este contexto se está investigando el uso de nanopartículas, ya que se cree que podrían mejorar sus propiedades mecánicas y físicas. Según Sovolev (2016), "la adición del grafito genera un gran beneficio en resistencia a la compresión" (p. 132).

En este contexto, se propone el uso de las nanopartículas de grafito, con propiedades ventajosas en resistencia, que además permite la creación de un concreto permeable. Esto podría ser útil en el mejoramiento de las infraestructuras. Las nanopartículas de grafito constan de capas de grafeno apiladas, y microscópicamente, los átomos de carbono forman estructuras hexagonales similares a un panal.

En una línea similar, el sector nacional de la construcción está aplicando nuevas normas de calidad para maximizar las cualidades de la mezcla de hormigón. Según Bartra (2019), "el más utilizado es el concreto en el ámbito de la construcción" (p. 12). A partir de estos datos, se sugiere incorporar nanopartículas de grafito en el concreto para evaluar su impacto en la resistencia y, al mismo tiempo, cumplir con los requisitos normativos.

En el departamento de Puno, que presenta vulnerabilidad sísmica, existiendo una necesidad para el desarrollo de las nanotecnologías en el



concreto. También se añaden aditivos para optimizar su rendimiento, acelerando el curado o mejorando la trabajabilidad al ser vaciado. Bartra (2019) afirma que “hoy en día, se añaden al concreto aditivo de resistencia y fraguado tener mejores resultados.” (p. 12).

Por lo tanto, la investigación tiene como objetivo realizar una contribución significativa al desarrollo del concreto con altitudes mayores a 3800 ms.n.m., buscando superar los estándares normativos a través de la incorporación de nanopartículas de grafito, las cuales han demostrado resultados prometedores en estudios previos. Por esta razón, se ha formulado el siguiente Problema General en el contexto de la investigación: ¿Cómo influye el porcentaje de nanopartículas de grafito en el comportamiento mecánico de la resistencia a la compresión del concreto?, Como también los problemas específicos. Problema Especifico 1 ¿Cómo influye la adición de nanopartículas de grafito en la trabajabilidad de la mezcla?; Problema Especifico 2 ¿Cómo influye la adición de nanopartículas de grafito en la trabajabilidad de la mezcla?; Problema Especifico 3 ¿En cuánto difiere la rentabilidad del concreto con la adición de nanopartículas de grafito frente a un concreto tradicional referente a costos?

La justificación de la investigación consiste en argumentos que respaldan la incorporación de nanopartículas de grafito, ofreciendo nuevos conocimientos e información esencial sobre el comportamiento del concreto. Se analizaron aspectos como el asentamiento, la resistencia y la rentabilidad, obtenida con la adición de grafito en las muestras de concreto, elaboradas conforme a las normativas peruanas vigentes para la construcción de edificaciones.

El objetivo consiste en evaluar la influencia de las nanopartículas de grafito y su influencia en la resistencia a compresión, la trabajabilidad y la



rentabilidad del concreto, buscando que estos resultados sean superiores a los de un concreto convencional. Además, se espera que este enfoque sea beneficioso en regiones de bajas temperaturas, como en altitudes superiores a 3800 m.s.n.m.

De esta forma, se promueve el uso de nanotecnologías y se busca incentivar tanto a la población como a los ingenieros civiles hacia prácticas constructivas innovadoras, contribuyendo al avance nanotecnológico y explorando alternativas que mejoren las propiedades fundamentales del concreto.

Conociendo la problemática la presente investigación plantea el objetivo general; Evaluar la influencia de las nanopartículas de grafito en la resistencia, trabajabilidad y rentabilidad del concreto expuesto a bajas temperaturas de la ciudad de Juliaca. Como también los objetivos específicos 1, Determinar la influencia del porcentaje de nanopartículas del grafito en el comportamiento mecánico de la resistencia a la compresión del concreto.; objetivo específico 2, Experimentar la adición de nanopartículas de grafito en la trabajabilidad de la mezcla; objetivo específico 3, Identificar la rentabilidad del concreto con la adición nanopartículas de grafito frente a un concreto tradicional



CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. EXPOSICIÓN DE LA SITUACION PROBLEMÁTICA

El hormigón ha sido durante mucho tiempo el principal componente utilizado en ingeniería civil para llevar a cabo diversos proyectos de construcción nacionales y extranjeros. Cada vez se utiliza más en varios países del mundo, como China, Nepal y la India, para construir edificios de gran altura. (Wang et al., 2020). También se han construido edificios y estructuras de gran altura en América Latina, sobre todo en las ciudades de Quito y Bogotá, lo que indica un aumento de la necesidad de materiales de construcción más robustos y duraderos. (Tirado Sánchez et al., 2017).

En el contexto peruano, el uso de concreto para la construcción de estructuras a grandes altitudes es cada vez más común, especialmente en zonas de la sierra como la región de Puno, donde se construyen edificios y puentes a más de 3800 m.s.n.m. Sin embargo, se han registrado temperaturas extremadamente bajas, lo que podría perjudicar la resistencia del concreto (Bustamante et al., 2016).

Por otro lado, la altitud influye en la resistencia del concreto siendo un tema muy común, así mismo. Según Sinha & Bhattacharyya, (2001), Tanto



el concreto fresco como el curado pueden ver comprometidas sus cualidades por las bajas temperaturas y la disminución de la presión atmosférica a grandes alturas, lo que puede provocar una reducción de la resistencia.

Además, se ha demostrado que la adición de aditivos al hormigón aumenta considerablemente su resistencia a la compresión en entornos difíciles. (Li et al., 2019).

Por lo tanto, para evitar los efectos negativos para altitudes superiores a 3800msnm que afectan la calidad y resistencia del concreto, la presente tesis tiene la finalidad de incorporar nanopartículas en la mezcla de concreto. En particular, las nanopartículas de grafito que han demostrado ser efectivas para mejorar la resistencia del concreto en diversas condiciones ambientales (Wang et al., 2020). Esto se debe a que las nanopartículas de grafito actúan como refuerzos y mejoran la interacción entre los componentes del concreto, lo que aumenta su resistencia (Ling et al., 2021).

Como resultado, es crucial evaluar la eficacia de los aditivos con nanopartículas de grafeno en el hormigón en circunstancias adversas. Las nanopartículas de grafeno son un relleno eficaz en el hormigón porque reducen la porosidad y mejoran la resistencia a la compresión (Cui et al., 2017). Además, se ha demostrado que su presencia mejora la conductividad eléctrica y térmica del material, lo que resulta ventajoso en zonas frías o en estructuras que necesitan sistemas de calefacción. Del mismo modo, estudios como el de Wu et al. (2019) han demostrado que las nanopartículas de grafeno ayudan a disminuir la visibilidad de grietas y fisuras en el hormigón, alargando su vida útil y mejorando su atractivo visual.



El grafito se considera un nanomaterial nanotecnológico utilizado en la industria de la construcción ya que, en palabras del pionero Richard Feynman, «la esencia de la nanotecnología es la capacidad de trabajar a nivel molecular, átomo a átomo, para crear grandes estructuras con moléculas fundamentalmente nuevas». Esto ha impulsado nuevos estudios sobre la aplicación de nanomateriales como aditivos de ingeniería.

El estudio actual pretende mejorar las cualidades del hormigón examinando cómo afectan las nanopartículas de grafeno a la resistencia del hormigón en climas fríos, sobre todo a elevaciones superiores a 3800 m.s.n.m.

En otras palabras, como no se ha investigado mucho recientemente sobre el uso de nanopartículas de grafeno, este estudio pretende investigar los efectos de añadirles al hormigón. Además, no se ha descubierto ninguna investigación previa que examine su uso en climas fríos, como los que se encuentran por encima de los 3800 m.s.n.m.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la influencia de las nanopartículas de grafito en la resistencia, trabajabilidad y rentabilidad del concreto expuesto a bajas temperaturas de la ciudad de Juliaca?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

1. ¿Cómo influye el porcentaje de nanopartículas de grafito en el comportamiento mecánico de la resistencia a la compresión del concreto?



2. ¿Cómo influye la adición de nanopartículas de grafito en la trabajabilidad de la mezcla?
3. ¿En cuánto difiere la rentabilidad del concreto con la adición de nanopartículas de grafito frente a un concreto tradicional referente a costos?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El objetivo de este estudio es evaluar y examinar la trabajabilidad, rentabilidad y resistencia a la compresión del concreto mezclado con nanopartículas de grafito. El objetivo es que produzca mejores resultados que el concreto tradicional y que sea beneficioso en entornos de bajas temperaturas, como elevaciones superiores a 3800 m.s.n.m.

En este sentido se incentiva a la utilización de las nanotecnologías, y de esta manera incentivar a la población y al ingeniero civil de manera positiva sobre la construcción innovadora, contribuyendo con el avance nanotecnológico.

Teniendo en cuenta que este estudio se realizó en la ciudad de Juliaca, que tiene un clima muy específico y elevaciones de más de 3800 metros sobre el nivel del mar, esta tesis se justifica por la necesidad de investigar el comportamiento que puede ocurrir en el concreto con la incorporación de nanopartículas de grafito para aumentar la resistencia a grandes alturas, determinando sus efectos en la compresión, trabajabilidad y rentabilidad. Este es un componente esencial para todos los ingenieros civiles.



1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de las nanopartículas de grafito en la resistencia, trabajabilidad y rentabilidad del concreto expuesto a bajas temperaturas de la ciudad de Juliaca.



1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar la influencia del porcentaje de nanopartículas del grafito en el comportamiento mecánico de la resistencia a la compresión del concreto.
2. Experimentar la adición de nanopartículas de grafito en la trabajabilidad de la mezcla.
3. Identificar la rentabilidad del concreto con la adición nanopartículas de grafito frente a un concreto tradicional.

1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1. HIPOTESIS

1.5.1.1. HIPOTESIS GENERAL

La incorporación de las nanopartículas de grafito mejora en la resistencia a la compresión, trabajabilidad y rentabilidad del concreto para zonas de bajas temperaturas

1.5.1.2. HIPOTESIS ESPECIFICO

1. La influencia del porcentaje de nanopartículas de grafito mejora en el comportamiento mecánico de la resistencia a la compresión del concreto con una adición del 5% de grafito.
2. La adición de nanopartículas de grafito disminuye el asentamiento reduciendo la trabajabilidad de la mezcla.
3. El concreto dosificado con nanopartículas de grafito resulta ser la opción más rentable con mejor resistencia a la compresión y costo de la dotación de nanopartículas de grafito.

1.5.2. VARIABLES

1.5.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Dosificación de las nanopartículas de grafito.

1.5.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Resistencia a la compresión, trabajabilidad del concreto y rentabilidad

1.5.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

La investigación titulada "INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA, TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS, JULIACA."

cuenta con las siguientes variables:

Tabla 1

Operacionalización de variables

	INDICADORES	VALORES FINALES	TIPO DE VARIABLE
VARIABLE INDEPENDIENTE			
✓ Aditivo nanopartículas de grafito	% del peso del cemento	% (1, 3, 5)	Numérica continua
✓ Tipo de agregado	Cantera	Isla	Numérica continua
✓ Tipo de cemento	Cemento	Portland tipo I	Numérica continua
VARIABLE DEPENDIENTE			
✓ Resistencia a la compresión del concreto	Edad en días	7, 14, 28 días	Numérica discreta
✓ Trabajabilidad	Altura	Cm	Numérica
✓ Rentabilidad	Costo resistencia	S/. – kg/cm ²	Numérica

Fuente: Elaboración propia.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO O REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según afirmó Cui et al., (2017). El objetivo de este trabajo es analizar las características mecánicas, térmicas y electromagnéticas de materiales compuestos cementosos utilizando nanoplaquetas de grafeno como modificadores. Para ello, se evaluaron las propiedades mecánicas, eléctricas, dieléctricas y térmicas de las nanoplaquetas de grafito. Para determinar el efecto de las nanoplaquetas de grafito en las características de los materiales compuestos cementosos, el experimento consistió en añadirlas en porcentajes del 0%, 1% y 5%. Los resultados mostraron que el aumento de la concentración de aditivo hasta el 5% aumentaba la dureza en 1,5 veces, disminuía la pérdida de abrasivo por unidad de superficie en un 71% y reducía la profundidad de abrasión en un 73% en comparación con los compuestos de cemento puro. Además, el calor específico disminuye un 17,7%, mientras que la conductividad térmica aumenta un 77%. Además, se observa una mejora del 20% en el coeficiente de amortiguación y una disminución del 38% en la reflectividad de las ondas electromagnéticas. En conclusión, Los autores descubrieron que las nanopartículas de grafito tienen una superficie más dura que los compuestos cementosos. Además,



la dureza aumenta con la cantidad de grafito añadida; así, una adición del 5% hace que la dureza del composite cementoso aumente aproximadamente 1,5 veces. Además, se analiza lo prometedoras que resultan las nanoplaquetas de grafito como rellenos de materiales compuestos de cemento, muy utilizados en ingeniería civil para pavimentos, puentes y edificios antisísmicos.

Según Ahmad & Qureshi, (2021). Investigaron como objeto principal la influencia de las nanoplaquetas de grafito con el uso de los residuos para la producción de concreto con la intención de minimizar los impactos adversos sobre el medio ambiente y la disminución de los recursos naturales mediante una sustitución del agregado grueso con plástico. Su método fue la de reducir la resistencia del concreto por lo tanto introdujeron las nanoplaquetas de nanografito en porcentajes de 1%, 3% y 5% con sustitución del 25% de agregados gruesos por plásticos dio como mejora significativamente la densidad y la dureza del concreto ya que se redujo la porosidad y al refuerzo de la microestructura. Por lo tanto, el 5% es la cantidad ideal de nanoplaquetas de grafito. A diferencia del hormigón preparado con residuos electrónicos sin nanoplaquetas de grafeno, este impacto se traduce en un aumento del 13,56% de la resistencia a la compresión tras 28 días de curado. Se demostró que la presencia del aditivo, que mejoraba enormemente la densidad y la dureza además de reducir la porosidad, era la causa de esta ganancia de resistencia, lo que se traducía en una mayor capacidad resistente del material.

Alvarado y Roque (2020). Añadió polvo de grafito al concreto a una densidad de 210 kg/cm² en un esfuerzo por mejorar sus cualidades



mecánicas. Este estudio se propuso examinar cómo afectaba el polvo de grafito a las características físicas del hormigón. Se mezcló hormigón estándar con cantidades variables de polvo de grafito (2, 2,5 y 3%), con el fin de evaluar el grado de aumento del rendimiento mecánico de cada muestra. Utilizando hormigón normal, se probaron cuatro cambios en el diseño de la mezcla. Los resultados mostraron cómo el uso de cuatro diseños de mezcla de hormigón diferentes podía mejorar las cualidades del hormigón. Este resultado se atribuye al uso de polvo de grafito, que mejoró la resistencia y la fluidez del hormigón, demostrando su valor para maximizar sus características mecánicas. Tras un periodo de curado de 28 días, se determinó que la adición de distintas cantidades de polvo de grafito (0%, 2%, 2,5% y 3%), respectivamente, mejoraba la resistencia a la compresión en un 103,55%, 104,65%, 106,15% y 107,85%, siendo el 3% la cantidad ideal.

Ccopa (2017), En su estudio, se añadió grafeno al hormigón en cantidades de 0,5%, 1% y 1,5%, y se evaluó su comportamiento a los 7, 14 y 28 días de edad. En el ensayo de asentamiento, se observó que la adición de grafeno mejoraba la trabajabilidad de la mezcla. Además, según el ensayo de rotura de briquetas, los valores de resistencia obtenidos fueron $f'c = 215.20$, $f'c = 243.80$, $f'c = 247.80$, y $f'c = 248.80$ kg/cm² lo que indica un aumento de la resistencia.

Según afirmó Tufail et al., (2022). El objetivo de este estudio fue conocer las características mecánicas del hormigón autocompactante que incluía nano/microplaquetas de grafito, que mejoraban sus prestaciones, ya que las nanoplaquetas de grafeno eran el centro de interés para evaluar las prestaciones mecánicas del hormigón. Para ello, se utilizaron dosis de



nanoplaquetas en las siguientes proporciones 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% y 0,5% para crear un novedoso hormigón autocompactante de nanoingeniería. El método que usaron fue mediante el flujo de asentamiento, v embudo, v embudo en el minuto T5, prueba de caja L, en la resistencia se halló mediante el ensayo de compresión. Según el estudio, el aumento del 0,3% mejoró las resistencias a la compresión y a la tracción del hormigón en un 42% y un 21,3%, respectivamente, en comparación con el hormigón de referencia. El estudio concluyó que las microplacas de grafito son útiles y pueden utilizarse en aplicaciones de ingeniería estructural del mundo real.

2.2. MARCO TEORICO INICIAL

2.2.1. CONCRETO

Para formar el concreto se combinan diversos ingredientes, como cemento, agua y agregados, que pueden ser piedra triturada, grava o arena.

La arena, la grava y las piedras trituradas son ejemplos de agregados, tanto finos como gruesos. Estos componentes son esenciales para que la mezcla logre una estructura sólida, brindando propiedades aislantes y resistencia.(Pasquel, 1998, p.32).

2.2.1.1. COMPONENTES

A. CEMENTO

Es el proceso de calcinación de arenisca, arcilla y piedra caliza produce este aglutinante hidrófilo. Con esta técnica se obtiene un polvo muy fino que se endurece al introducir agua, lo que le confiere cualidades adhesivas y resistentes. Para crear el llamado clinker, también es

necesario triturar rocas calcáreas y arcillosas en una proporción específica y calentar el polvo resultante a 1300°C. Los componentes del clínker son partículas endurecidas de distintos tamaños. A continuación, el clínker se procesa y se le añade yeso para crear un producto final que es un polvo muy fino. (Pasquel, 1998, p. 17).

Los componentes principales son:

Tabla 2

Componentes Cemento Pórtland

NOMBRE DEL COMPONENTE	COMPOSICIÓN ÓXIDA	ABREVIATURA
Silicato Tricalcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C3S
Silicato Bicalcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C2S
Aluminato Tricalcico	$3\text{CaO} \cdot \text{AlO}_3$	C3A
Aluminoferrato	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C4AF
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	SO3

Nota. Datos tomados de Pasquel (1998).

TIPOS DE CEMENTO

Tipos de cemento portland:

Tabla 3*Tipos de Cemento Pórtland*

TIPO	ASTM	DESCRIPCIÓN
Tipo I	C 150 – 84	Pórtland común
Tipo II	C 150 – 84	Pórtland con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
Tipo III	C 150 – 84	Pórtland de endurecido rápido
Tipo IV	C 150 – 84	Pórtland de bajo calor de hidratación
Tipo V	C 150 – 84	Pórtland resistente al sulfato
Tipo IP	C 595 – 83 a	Pórtland puzolánico de 15 a 40 % de puzolana

Nota. Datos tomados de la Norma ASTM.

B. AGREGADOS

Los áridos son un conjunto de partículas inorgánicas, naturales o manufacturadas, que satisfacen los requisitos establecidos en la NTP 400.011.

Junto con la pasta de cemento, los áridos constituyen alrededor de tres cuartas partes del volumen del hormigón y contribuyen a crear una estructura resistente y duradera. Las cualidades del hormigón están directamente influenciadas por su composición química y física. Normalmente, están formados por partículas minerales como cuarzo, granito, basalto, arenisca o una mezcla de éstos (Pasquel, 1998, p. 69).

CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS

La siguiente categorización se ajusta a las prácticas técnicas del hormigón aceptadas.

a. Procedencia

Se clasifica en:



a.1. Agregados naturales

Los agregados se extraen, seleccionan y procesan para mejorar su uso en la creación de concreto. Se generan a lo largo de miles de años mediante procesos geológicos naturales en todo el planeta (Pasquel, 1998, p. 70).

a.2. Agregados artificiales

Estos agregados se producen cuando los materiales naturales experimentan una transición, dando lugar a subproductos que, tras un procesamiento posterior, pueden utilizarse para fabricar concreto. (Pasquel, 1998, p. 70).

b. Por su gradación

La distribución volumétrica de las partículas es un factor clave en el hormigón. Según su tamaño, los áridos suelen clasificarse como gruesos o finos, y para separarlos se utiliza la malla estándar ASTM #4 (Pasquel, 1998).

c. Por su densidad

La densidad, o gravedad específica, su cálculo es el peso de los sólidos dividido entre el volumen. Los agregados, ya sean gruesos o finos, se clasifican como normales si su G_e se sitúa entre 2,5 y 2,75, como ligeros si su G_e es inferior a 2,5 y como pesados si su G_e es superior a 2,75. Existen procedimientos y procesos de diseño con usos específicos identificados para cada tipo de agregado y su comportamiento en relación con el concreto. (Pasquel, 1998).

c.1. Agregado fino

La arena natural, la arena manufacturada o una mezcla de ambas pueden constituir el árido fino. Sus partículas deben tener un perfil

angular bien definido y ser duras, sólidas y compactas. No debe haber polvo, grumos, partículas blandas o escamosas, esquistos, álcalis, materia orgánica ni otros componentes que puedan disminuir la calidad del hormigón (Ccopa, 2017).

La ASTM - C 33 impone restricciones a la gradación de los agregados. Además, es importante tener en cuenta lo siguiente

la continuidad de la granulometría utilizando los valores conservados en los tamices de la serie Tyler N° 4 a N° 100. En dos tamices sucesivos el árido no debe retener más del 45% de su tamaño original.

La granulometría debe situarse idealmente entre los rangos siguientes:

Tabla 4

Requerimientos de granulometría para el agregado fino.

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

Nota. Datos tomados de la Norma ASTM C – 33

c.1. Agregado grueso

Describe la sustancia que se separa de las rocas por procesos mecánicos o naturales y queda retenida en el tamiz n° 4. Los agregados gruesos cumplen con la norma ASTM C - 33. Las funciones principales son añadir volumen y reforzar el material por sí mismo. La piedra triturada, la grava y otros materiales similares pueden utilizarse.

En las canteras, las gravas también llamadas «cantos rodados» se descubren con frecuencia como resultado del hielo y otras fuerzas atmosféricas que descomponen las rocas de forma natural (Ccopa, 2017).

Del mismo modo, la trituración de roca artificial produce piedra triturada y fragmentada. La piedra triturada puede utilizarse como árido grueso siempre que sea dura, resistente y sin impurezas. Según Coppa (2017), su peso oscila entre 1450 y 1500 kg por m³.

Como resultado, su gradación debe cumplir con las limitaciones de la Norma ASTM C-33, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla5

Requerimientos de granulometría de los agregados gruesos.

N° ASTM	Tamaño nominal	% que pasa los Tamices Normalizados												
		100 m m. (4")	90 mm (3 1/2")	75 m m. (3")	63 mm (2 1/2")	50 m m. (2")	37.5 mm (1 1/2")	25. m m. (1")	19 mm. (3/4")	12.5 mm. (1/2")	9.5 mm. (3/8")	4.7 m m. (N° 4)	2.3 m m. (N° 8)	1.1 m m. (N° 16)
1	90 a 37.5 mm. (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5 mm. (2 1/2" a 1 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25 mm. (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				

357	50 a 4.75 mm. (2" a No 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	37.5 a 19 mm. (1 1/2" a 3/4")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	37.5 a 4.75 mm. (1 1/2" a NO 4)					100	90 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
6	25 a 12.5 mm. (1" a 1/2")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25 a 9.5 mm. (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	25 a 4.75 mm. (1" a NO 4")						100	90 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	19 a 9.5 mm. (3/4" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19 a 4.75 mm. (3/4" a NO 4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.5 a 4.75 mm. (1/2" a NO 4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.5 a 2.36 mm. (3/8" a NO 8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Nota. Datos tomados de la Norma ASTM C 33

C. AGUA

El agua es necesaria para la hidratación del cemento y para el desarrollo de sus cualidades. Debe cumplir muchos requisitos para contribuir al proceso químico de forma eficaz y evitar la adición de sustancias que puedan degradar la calidad del hormigón. Además, se ha observado que un exceso de agua durante el proceso de curado puede provocar una sobrehidratación que puede modificar las características del cemento. En consecuencia, el agua utilizada para fabricar hormigón debe cumplir ciertas normas (Pasquel, 1998).

El agua en el hormigón cumple las siguientes funciones:

- i. La hidratación del cemento mediante un proceso químico.
- ii. Al lubricar el concreto, mejora su trabajabilidad.

Además, la mezcla de hormigón suele contener más agua de la necesaria para la hidratación del cemento, principalmente para aumentar su trabajabilidad. La existencia de impurezas, que pueden provocar reacciones químicas perjudiciales para la pasta de cemento, es uno de los principales inconvenientes. Cabe destacar que ni la ASTM ni la ACI especifican la cantidad exacta de agua que debe añadirse a la mezcla de hormigón (Pasquel, 1998).

Tabla 6

Limites permisible para agua de mezcla y de curado según la norma ITINTEC 339.088

DESCRIPCIÓN	LÍMITES PERMISIBLES
Sólidos en suspensión	5 000 ppm máximo
Materia Orgánica	3 ppm máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1 00 ppm máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600 ppm máximo
Cloruros (ión Cl)	1 000 ppm máximo
PH	5 a 8 máximo

Nota. Datos tomados de la Norma NTP 339.088.

2.2.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO

2.2.2.1. CONCRETO FRESCO

A) TRABAJABILIDAD

El término “trabajabilidad” describe la facilidad con que algo puede combinarse, moverse, ensamblarse y comprimirse. Esta evaluación es subjetiva y depende de los instrumentos y aparatos empleados durante el procedimiento. Determinadas condiciones de colocación y compactación pueden hacer que un hormigón sea trabajable, pero no necesariamente en otras circunstancias. Las dos variables principales que afectan a la trabajabilidad son la proporción adecuada de partículas gruesas y finas y la cantidad de agua. El asentamiento o asentamiento con cono de Abrams

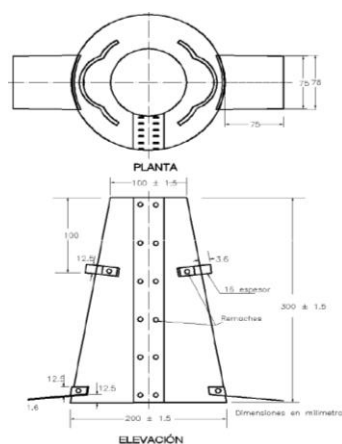
es actualmente el método aceptado para evaluar la trabajabilidad en el hormigón, ya que ofrece una evaluación aproximada de esta propiedad (Pasquel, 1998).

PRUEBA DE REVENIMIENTO

En el ensayo de asentamiento, se coloca un molde troncocónico de 30 cm de altura sobre una superficie lisa, se colocan tres tapones de hormigón en la parte más pequeña de la superficie superior, cada tapón se apisona 25 veces con una varilla de hierro estándar de 15 mm de diámetro en el extremo y, a continuación, se recorta la superficie superior mientras se introduce la varilla de apisonamiento y se utiliza la sierra. Neville (1999).

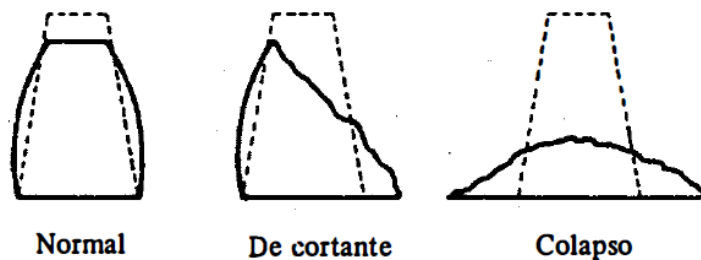
Figura 1

Cono de Abrahams



Nota. Datos tomados de (MTC, 2016)

Las asas y los pies de apoyo soldados al molde contribuyen a que éste se mantenga bien sujeto contra su base durante todo el proceso. En el momento en que se llena el cono y se eleva gradualmente, el hormigón sin soporte empieza a reblandecerse.

Figura 2*Tipos de revenimiento**Nota.* Datos tomados de (Pasquel, 1998)**Tabla 7***Descripción de trabajabilidad y magnitud de revenimiento*

Descripción de trabajabilidad	Revenimiento mm
Sin revenimiento	0
Muy baja	5-10
Baja	15-30
Media	35-75
Alta	80-155
Muy alta	160 hasta colapso

Nota. Datos tomados de (Pasquel, 1998)

Es posible que la mezcla no tenga suficiente cohesión si persiste el hundimiento por cizallamiento, como ocurre a veces en las mezclas rugosas.

B) ESTABILIDAD

se refiere a la circulación o movimiento que tiene lugar en el interior del hormigón sin tener en cuenta las fuerzas externas aplicadas. La exudación y la segregación pueden utilizarse para medirlo, y las técnicas establecidas permiten comparar estas propiedades en varios diseños.



Para garantizar un rendimiento óptimo del hormigón, es crucial perseguir unos valores mínimos. (Pasquel, 1998).

C) MOVILIDAD

La movilidad es el resultado de fuerzas externas que causan movimiento. La resistencia al cizallamiento interno se atribuye a la capacidad de las partículas de áridos para girar y moverse dentro de la pasta. Para analizar esta propiedad se tienen en cuenta tres factores básicos: la cohesión, que se refiere a la adherencia entre los áridos y el cemento; la resistencia al cizallamiento interno, que afecta a la estabilidad y deformación del material; y la viscosidad, que se asocia a la fricción entre las capas de la pasta de cemento. (Pasquel, 1998).

⌘ **SEGREGACIÓN**

La gravedad empuja hacia abajo las partículas pesadas porque la segregación se produce debido a las diferencias de densidad entre los constituyentes del hormigón. Pero, en términos generales, la densidad de los áridos finos difiere de la de la pasta de cemento en sólo un 20% en comparación con la densidad de los AG. La viscosidad del hormigón hace que las partículas gruesas queden suspendidas y sumergidas en la matriz. (Pasquel, 1998).

⌘ **EXUDACIÓN**

Una característica del hormigón es la exudación, cuando una parte del agua de la mezcla se separa y sube a la superficie. Similar a la sedimentación, este fenómeno se produce cuando las partículas se hunden en la masa plástica. Sin embargo, la exudación está



controlada por las reglas del flujo de fluidos en un sistema capilar, a diferencia de la sedimentación, que depende sobre todo de la viscosidad y la diferencia de densidad.

Este procedimiento se ve muy afectado por variables como la finura del cemento y la cantidad de partículas de los áridos. La exudación disminuye a medida que aumentan la finura del cemento y la proporción de material que atraviesa la malla 100, ya que el agua se retiene mejor en la mezcla. (Pasquel, 1998).

α **CONTRACCIÓN**

La contracción es una propiedad de suma importancia debido a los conflictos frecuentes de fisuración que genera. La mezcla de cemento experimenta una reducción en su volumen original debido a la combinación química que ocurre con el agua. A menudo denominada contracción por secado, es una de las principales razones por las que el hormigón se agrieta. La integridad estructural de la mezcla puede verse comprometida si experimenta contracción mientras aún es plástica y después de haberse endurecido. (Pasquel, 1998).

2.2.2.2. CONCRETO ENDURECIDO

A. ELASTICIDAD

El concreto presenta elasticidad cuando se deforma bajo carga, pero no de forma permanente. A pesar de que el hormigón no es un material deformable, se suele utilizar el término «módulo de elasticidad» para describirlo. (Pasquel, 1998).

B. RESISTENCIA



Se trata de la capacidad para resistir cargas y fuerzas, siendo su mejor desempeño en situaciones de compresión. Esto se debe a las propiedades adhesivas del cemento. El principal componente que afecta a la resistencia del hormigón es el cemento, cuya resistencia viene dictada por la proporción de cemento y agua. Además, factores como la temperatura, el tiempo de curado y la calidad de los áridos influyen en la resistencia del hormigón.

El aumento de la resistencia del hormigón también depende del proceso de curado, que favorece la hidratación del cemento y permite que la mezcla alcance sus cualidades mecánicas ideales. (Pasquel, 1998).

α **PRUEBAS DE COMPRESIÓN**

Es fundamental realizar un adecuado proceso de curado durante las etapas iniciales de endurecimiento para lograr un concreto de calidad, asegurándose de mantener el concreto saturado. Al perder agua complica el desarrollo en resistencia y provoca contracción plástica, aumento de la permeabilidad y menor resistencia a la abrasión (Neville, 1999).

La resistencia puede determinarse utilizando un cilindro convencional cuya altura duplica su diámetro. Después se vierte el hormigón y se deja reposar en el molde durante unas cuatro horas antes de exponerlo al proceso de curado.

Según el protocolo estándar, las probetas deben analizarse 28 días después de su nacimiento. No obstante, si es necesario, este plazo

puede modificarse. El cilindro se carga uniformemente a una velocidad de 2,45 kg/cm² /seg durante el ensayo. La resistencia (f_c) se obtiene de al menos dos probetas. Así mismo existen factores de corrección las cuales son:

Tabla 8

Factores de corrección de resistencia para diferentes relaciones h/d

Relación h/d	2.00	1.75	1.50	1.25	1.10	1.00	0.75	0.50
A	1.00	0.98	0.96	0.93	0.90	0.87	0.70	0.50
B	1.00	1.02	1.04	1.06	1.11	1.18	1.43	2.00

Nota. Datos tomados de la Norma ASTM C-39-93A, adaptado por (Ccopa, 2017)

Donde:

h: Altura de la probeta (P).

d: Diámetro de P.

A: Factor de corrección de resistencia de la probeta ensayada.

B: Razón entre la resistencia de la probeta ensayada y del cilindro.

Estándar.

Para el hormigón ligero con un peso comprendido entre 1600 y 1920 kg/m³, el hormigón normal con un peso comprendido entre 1600 y 1920 kg/m³ y el hormigón normal con un peso comprendido entre 140 y 420 kg/cm², se utilizan los factores de ajuste antes mencionados (Ccopa, 2017).

Del mismo modo, las probetas con dimensiones diferentes a la probeta convencional de 6"x12" pero con la misma relación h/d tienen factores de ajuste. La siguiente tabla lo ilustra:

Tabla 9*Efecto del tamaño del espécimen en la resistencia del concreto*

Dimensiones del cilindro (cm.)	f'c cilindro/f'c estándar
5 x 10	1.09
7.5 x 15	1.06
15 x 30	1.00
20 x 40	0.96
30 x 60	0.91
45 x 90	0.86
60 x 120	0.84
90 x 180	0.82

Nota. Datos tomados de Hamsen (1995).

C. EXTENSIBILIDAD

La tensión unitaria máxima que puede soportar el hormigón antes de fisurarse es lo que determina cuánta deformación puede tolerar. Esta característica se ve afectada por la elasticidad del hormigón, así como por el llamado flujo plástico, que es la deformación que se produce cuando se le aplica una carga continua durante un periodo de tiempo prolongado.

El comportamiento estructural del material puede verse afectado a lo largo del tiempo por el fenómeno de la retracción, íntimamente ligado al flujo plástico, que es en cierto modo recuperable.



2.2.3. ADITIVOS PARA CONCRETO

Los aditivos son sustancias, orgánicas o inorgánicas, que se proporciona a la mezcla de concreto. Su objetivo es modificar aspectos específicos de la estructura interna, el endurecimiento y el proceso de hidratación del hormigón. Los aditivos están ampliamente reconocidos como componentes esenciales de la tecnología moderna del hormigón porque reducen los riesgos que conlleva no tener control sobre las propiedades intrínsecas de la mezcla original, incluidos los tiempos de fraguado, la distribución de huecos y la generación de calor durante la hidratación, por nombrar algunos (Pasquel, 1998).

CLASIFICACION DE LOS ADITIVOS PARA CONCRETO

La clasificación de aditivos según Pasquel, (1998) son:

A. ADITIVOS ACELERANTES

Se trata de productos químicos que aceleran el proceso de armado o el tiempo de endurecimiento típico de la pasta de cemento. Para reducir los tiempos de fraguado inicial y final del hormigón, los aceleradores suelen emplear métodos tradicionales, como las agujas Proctor descritas en ASTM-C-403. También proporcionan otros beneficios como:

- ✘ rápido desencofrado
- ✘ menor tiempo necesario para el curado
- ✘ menores tiempos de espera para el acabado superficial
- ✘ Puesta en servicio más rápida de la estructura
- ✘ Capacidad de resolver rápidamente filtraciones de agua en estructuras hidráulicas



- ✘ Disminución de la presión del encofrado que permite mayores alturas de hormigonado

B. ADITIVOS INCORPORADORES DE AIRE

La congelación del agua en el concreto, junto con su expansión, y el posterior deshielo que genera liberación de tensiones, pueden ocasionar fisuras inmediatas si el concreto aún no ha desarrollado la resistencia a la tracción necesaria para soportarlas. Además, la repetición de estos ciclos puede llevar a un agrietamiento progresivo a medida que el material se debilita. Existen dos tipos de aditivos las que son líquidas y las que son sólidas.

C. ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA – PLASTIFICANTES

Al reducir la relación agua/cemento, permiten utilizar menos agua de la que se necesitaría normalmente para el hormigón, mejorando tanto la trabajabilidad como la resistencia. A menudo permiten reducir el contenido de agua entre un 5% y un 10%. Además, presentan una serie de ventajas, entre ellas: Ahorro de tiempo y mano de obra gracias a la mayor trabajabilidad. Disminuyen la segregación al actuar como lubricantes.

D. ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES

Dado que confiere al hormigón tradicionales cualidades autonivelantes, es especialmente adecuado para vertidos con una importante congestión de armaduras, donde la vibración es un reto. Se pueden conseguir asentamientos de 6 a 8 pulgadas añadiendo superplastificantes evitando cambiar relación agua y cemento (Pasquel, 1998).



E. ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES

Si no se cumplen los criterios necesarios para evitar la fisuración, ningún aditivo puede garantizar la impermeabilidad del hormigón. Cuando se utiliza un reductor de agua avanzado, es inútil si el diseño estructural no tiene en cuenta la ubicación adecuada de las juntas de dilatación y contracción. (Pasquel, 1998).

F. ADITIVOS RETARDADORES

Estos aditivos confieren al hormigón un periodo de plasticidad más largo, lo que ayuda en la construcción al prolongar el tiempo de endurecimiento típico del hormigón. Su uso es particularmente útil en las siguientes situaciones: En vertidos intrincados o grandes, donde el orden de colocación puede causar juntas frías si se utilizan mezclas de fraguado estándar.

Cuando hace calor en el exterior, las mezclas convencionales endurecen más rápidamente. Para el hormigón que debe transportarse a grandes distancias.

2.2.4. NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO

Las nanopartículas de grafito se caracterizan por su tamaño inferior a 100 nanómetros, y están compuestas por capas de átomos de carbono fuertemente enlazadas, lo que confiere al grafito propiedades conductoras de electricidad y una alta resistencia. Las nanopartículas de grafito destacan por sus propiedades mecánicas, eléctricas y térmicas únicas, lo que las hace un material prometedor en diversas aplicaciones tecnológicas (Mittal et al., 2017)

Según Mittal et al., (2017) menciona que las nanopartículas de grafito se pueden clasificar en diferentes tipos según su forma y tamaño. A



continuación, se describen algunos de los tipos más frecuentes de nanopartículas de grafito.

- ✓ **Nanopartículas de grafito esféricas:** estas nanopartículas tienen una forma esférica y un tamaño que varía de 10 a 500 nanómetros.
- ✓ **Nanopartículas de grafito laminar:** estas nanopartículas tienen una forma plana y un tamaño que varía de 1 a 100 nanómetros. Son conocidas por su alta conductividad eléctrica y térmica.
- ✓ **Nanopartículas de grafito funcionalizadas:** estas nanopartículas tienen grupos químicos añadidos a su superficie para mejorar sus propiedades y hacerlas más compatibles con otros materiales.
- ✓ **Nanotubos de grafito:** estos son cilindros huecos formados por capas de grafito enrolladas. Tienen un diámetro de alrededor de 1 nanómetro y una longitud de varios micrómetros.

El grafito es clasificado como un mineral nativo y puede ser producido artificialmente a partir de carbono amorfo. Tiene diversas aplicaciones, incluyendo su uso como carbón y carbón activado. Se encuentra en abundantes yacimientos, siendo China, India y Brasil los principales países productores. (Miranda, 2020)

La investigación hizo el uso del grafito de la marca Kceli INVERSIONES GENERALES SAC, siendo uno de los proveedores confiables entre otros productos, de la ciudad de Lima.

Figura 3*Nanopartículas de grafito***Fuente:** Elaboración propia.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. NANOTECNOLOGIA

Según Li et al. (2019), “la nanotecnología mejora la calidad y el rendimiento del concreto. La adición de nanomateriales como sílice, óxido de hierro, óxido de titanio y carbono, ha demostrado una mejora en resistencia, durabilidad y otras propiedades del hormigón” (p. 428). Además,

“Por otro lado, la nanotecnología también puede ser utilizada en el diseño de nuevos materiales compuestos basados en el concreto, mediante la incorporación de nanofibras de carbono, que pueden mejorar la tenacidad y ductilidad del concreto, así como también aumentar su capacidad de absorción de energía”(Li et al., 2019, p. 430).

“También se han creado sensores incrustados en el hormigón mediante nanotecnología; estos sensores pueden ayudar a identificar precozmente daños estructurales en edificios y puentes” (Mondal et al., 2020, p. 281).

2.3.2. DIFERENCIAS GRAFITO Y GRAFENO

Según Novoselov et al. (2004) hace mención sobre los conceptos del Grafito y el Grafeno representando en la siguiente tabla:

Tabla 10*Diferencia de grafito y grafeno*

Características	Grafito	Grafeno
definición	El grafito es un material que presenta una estructura cristalina en la que se disponen átomos de carbono formando capas planas y hexagonales, las cuales están fuertemente unidas entre sí mediante enlaces covalentes y débilmente unidas mediante fuerzas de Van der Waals.	El grafeno es una forma bidimensional del carbono, con una estructura hexagonal plana, compuesta por átomos de carbono fuertemente unidos en el plano de la hoja y débilmente unidos en la dirección perpendicular al plano.
Estructura base	Capas de átomos de carbono	Una sola capa
Conductividad	Buen conductor eléctrico	Excelente conductor eléctrico
Propiedades mecánicas	Altamente resistente y rígido	Altamente resistente y elástico
Espesor (nm)	0.3-100	0.335
Aplicaciones típicas	Lápices, lubricantes, electrodos	Electrónica, energía, materiales compuestos

Nota. Datos tomados de Novoselov et al. (2004)

2.3.3. DOSIFICACION

“El término dosificación describe la proporción de la mezcla del cemento, agua, AG y AF en peso o volumen” (Neville & A.M., 2011, p. 88). En ese entender según (Mehta et al., 2013), “la dosificación correcta es crucial para lograr una mezcla de concreto homogénea y adecuada para su aplicación específica” (Mehta et al., 2013, p. 34).

“Mientras que una mezcla mal dosificada puede provocar un exceso de porosidad o una falta de resistencia a la compresión, una adecuada dosificación contribuye al aumento en resistencia y la longevidad del hormigón” (ACI Committee 211, 2011). Además, según Neville & A.M. (2011), “la dosificación también puede afectar las propiedades de flujo y trabajabilidad del concreto, lo que a su vez puede afectar la facilidad de colocación y compactación” (p. 89).



2.3.4. FACTORES AMBIENTALES EN ALTITUDES SUPERIORES

."Efecto de la altitud en el curado del concreto", por Gopalakrishnan & Chandrasekaran (2013). Este estudio examina cómo afecta la altitud a la permeabilidad y la resistencia a la compresión del hormigón. Los resultados muestran que la altitud influye mucho en estas características y que el material se debilita como consecuencia de la menor presión atmosférica a mayor altitud.

El estudio también examina cómo afecta la altitud al proceso de curado del hormigón. Se descubrió que a mayor altitud y menor presión atmosférica, la evaporación del agua es más lenta, lo que prolonga el periodo de curado necesario para alcanzar la resistencia ideal.

El estudio de Khurana & Khurana (2018), "Influencia de la altitud en las propiedades mecánicas del hormigón", examina cómo la altitud afecta a las cualidades mecánicas del hormigón, concretamente a la resistencia a la compresión.

Los investigadores llegaron a la conclusión de que cuando aumenta la altitud, disminuye la presión atmosférica, lo que reduce la resistencia a la compresión del hormigón. Este fenómeno subraya lo crucial que es tener en cuenta las circunstancias de altitud a la hora de crear mezclas de hormigón para construcciones a gran altitud.



CAPITULO III PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño es preexperimental dado que se crean grupos de control así mismo, se manipula la variable realizando una serie de experimentos.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Dado que este estudio pretende determinar y examinar las razones que subyacen a los sucesos y fenómenos físicos observados, su nivel es explicativo. Su objetivo primordial es aclarar las causas de un determinado suceso, las circunstancias en que aparece y las relaciones entre dos o más variables.

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación de este estudio es cuantitativa, ya que hace hincapié en determinar la causa y el efecto, así como en analizar el comportamiento de la muestra utilizando datos cuantificables.

Para encontrar posibles conexiones significativas entre los factores estudiados, los resultados -que pueden ser descriptivos o comparativos- se analizan estadísticamente.



3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. POBLACION

El concreto con adición de nanopartículas de grafito es la población del estudio; está destinado a ambientes de baja temperatura, especialmente los superiores a 3800 m.s.n.m.

Para el desarrollo de la investigación se crearon 36 probetas cilíndricas utilizando materiales de la cantera Isla, apegándose a las medidas y requerimientos establecidos por las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

3.4.2. MUESTRA

Según la NTP 339.034, el volumen de las probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura equivale a la muestra utilizada en este estudio.

Se fabricaron 36 especímenes en total, divididos entre tres dosis de nanopartículas de grafeno al 1%, 3% y 5%, y se evaluaron a los 7, 14 y 28 días después del curado.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

La fiabilidad de esta investigación es alta, ya que se apoya en las Normas Técnicas Peruanas 339.034 y 339.036 para definir las características de las probetas, y en la ACI 211.1 para el diseño de mezcla. Conocer los conceptos básicos de estas técnicas es fundamental para comprender mejor la investigación.

3.5.1. TÉCNICAS

C Silvestre & Huamán (2019) afirman que las técnicas de un estudio son un conjunto de procedimientos, métodos y acciones que dirigen y

controlan la investigación y permiten obtener datos y valores importantes. Estos métodos facilitan la ordenación metódica de las múltiples fases del estudio, desde la recogida de datos hasta su análisis e interpretación.

3.5.2. INSTRUMENTOS

Los equipos que utilizados fue recopilar, cuantificar y examinar datos relativos al objeto de estudio se denominan instrumentos de investigación. Para ser considerado válido y fiable, un instrumento de investigación cumpliendo con lo establecido en las normas. Carrasco (2018)

Los principales instrumentos para esta investigación son:

- ✕ (ASTM C-39) Prueba de compresión - Máquina de ensayo de compresión.
- ✕ (ASTM C-143) Prueba de asentamiento -Cono de Abrams

3.6. PROCEDIMIENTOS

Esta investigación detalla los procedimientos utilizados en relación con los objetivos establecidos.

3.6.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Para la obtención de humedad en los AG y AF se utiliza una prueba de laboratorio denominada contenido de humedad. La norma ASTM D 2216, en la que se basa este proceso, podría tener revisiones o actualizaciones. Los áridos incluyen algo de agua en sus partículas, lo que se denomina humedad ya que están expuestos tanto al aire como al agua.

El procedimiento se lleva a cabo siguiendo estos pasos:

- ✕ Elección de la muestra para el examen.
- ✕ Se pesa la muestra húmeda en una tara.
- ✕ Se introduce la muestra en un horno y se cuece a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que se haya evaporado toda la humedad.

- ☒ Sacar la muestra del horno y documentar los datos.

Figura 4

Determinando el peso del agregado



Fuente: Tomada por el tesista

Figura 5

Determinando el contenido de humedad



Nota. La figura muestra la colocación de la muestra al horno para la determinación del contenido de humedad. Fotografía tomada por el tesista.

Cálculos y Resultados

Una vez obtenidos los valores necesarios para el contenido de humedad, se procede a realizar los cálculos utilizando la fórmula siguiente.

$$W (\%) = (Ww / Ws) \times 100$$

Ecuación 1 Contenido de Humedad

En donde:

W: humedad natural (%)

Ww: Peso del agua

Ws: Pesos secos de los materiales

Tabla 11

Contenido de humedad del agregado fino

CONTENIDO DE HUMEDAD: MUESTRA AGREGADO FINO	
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	315.10
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	294.80
PESO DEL TARRO (gr.)	35.60
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	279.50
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	259.20
PESO DEL AGUA (gr.)	20.30
% HUMEDAD	7.83

Fuente: Resultados de Ensayos de Laboratorio.

Tabla 12

Contenido de humedad del agregado grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO	
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	426.90
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	418.40
PESO DEL TARRO (gr.)	49.50
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	377.40
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	368.90
PESO DEL AGUA (gr.)	8.50
% HUMEDAD	2.30

Fuente: Resultados de Ensayos de Laboratorio.



3.6.1.2. PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN

a) AGREGADO FINO

La ASTM C128 y NTP 400.022 se utilizan para calcular la gravedad específica de un árido, a veces denominada gravedad específica. Se define como el peso del árido dividido por el peso de un volumen equivalente de agua (agua desplazada durante la inmersión). Algunos cálculos para la formulación de mezclas y el control de calidad, como el cálculo de la cantidad absoluta de árido, emplean este parámetro. Sin embargo, no se considera un indicador de la calidad global.

La absorción, por otro lado, describe todo el contenido de humedad interna del árido cuando está saturado y seco en superficie. Se cree que este estado refleja el estado del árido en una mezcla de hormigón. La cantidad de agua necesaria para que un árido pase de un estado seco al aire a un estado saturado y seco en superficie se conoce como absorción absoluta.

Procedimientos

- ✕ Para obtener una masa homogénea, la muestra debe secarse a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, enfriarse al aire y, a continuación, sumergirse en agua durante aproximadamente 24 horas.
- ✕ Tras decantar correctamente el agua, coloque la muestra sobre una superficie plana y no absorbente para evitar que se pierdan las partículas. Para conseguir un secado uniforme y una adherencia mínima de las partículas, utilice una corriente de aire caliente suave y remueva a menudo. Continúe el secado hasta que la prueba indique que la superficie está seca y saturada.



- ✘ Para solucionarlo, sujete firmemente el molde cónico con su diámetro apoyado sobre una superficie plana y no absorbente, vierta suficiente muestra, apisona suavemente con 25 golpes de la varilla y levante con cuidado el molde verticalmente cuando vea que el árido se acerca a este estado. Continúe agitando y secando la muestra realizando el ensayo de cono de forma regular hasta que se produzca el primer desmoronamiento de la superficie, lo que significa que el árido ha alcanzado finalmente el estado de superficie seca. Si todavía hay demasiada humedad en la superficie de la partícula, el cono del árido mantendrá su forma original.
- ✘ Verter agua hasta la mitad en el picnómetro. Llenar el picnómetro con agua adicional hasta que esté lleno aproximadamente al 90%, después de añadir 500 g de material saturado y secado en superficie. A continuación, agitar el picnómetro.
- ✘ Elimine las burbujas y la espuma resultante utilizando toallitas de papel o alcohol isopropílico. El picnómetro debe llenarse hasta la marca de calibración.
- ✘ Utilizando un baño de agua, ajustar la temperatura del picnómetro a 23 ± 2 °C.
- ✘ Calcular las masas combinadas del agua, la muestra y el picnómetro.
- ✘ Una vez retirado el árido fino del picnómetro, enfriarlo hasta obtener una masa uniforme y secarlo a 110 ± 5 °C.
- ✘ Calcular la masa del picnómetro después de haberlo llenado y calibrado con agua a 23 ± 2 °C.

Figura 6

Agitamiento del picnómetro



Fuente: Tomado por el tesista

Figura 7

Determinación del peso del picnómetro con la muestra



Fuente: Tomado por el tesista

Cálculos y Resultados

Para determinar con precisión el peso y la absorción de los AF se utilizan las fórmulas que figuran en el cuadro siguiente.

Tabla 13

Peso específico y absorción del agregado fino

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN - AGREGADO FINO		
A	PESO DE MUESTRA SECADA AL HORNO	484.88
B	PESO DE MUESTRA SATURADA SECA (SSS)	500
W _c	PESO DEL PICNOMETRO CON AGUA	1313.35
W	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA+ MUESTRA	1615.82
W _c +B	PESO DEL PICNOMETRO CON AGUA + PESO DE MUESTRA SATURADA SECA	1813.35
W _c +B-W	PESO DEL PICNOMETRO CON AGUA + PESO DE MUESTRA SATURADA SECA \pm (PESO DEL PICNOMETRO + AGUA+ MUESTRA)	197.53
B/(W_c+B-W)	PESO ESPECIFICO (gr/cm³)	2.53
(B-A)/A*100	ABSORCION (%)	3.12

Fuente: Resultados del laboratorio EPIC

b) AGREGADO GRUESO

De forma similar al cálculo de los áridos finos, el peso específico (o gravedad específica) de la grava se determina dividiendo el peso de los áridos gruesos por el peso de una cantidad equivalente de agua. No obstante, existen ciertas distinciones en el proceso utilizado para determinarlo.

Procedimiento

- ✘ Limpieza de la muestra: La muestra se limpia a fondo con agua para eliminar todo el polvo. A continuación, se seca entre 100° y 110°C, se deja enfriar y se pesa hasta conseguir un peso constante.
- ✘ Tras el secado, la muestra se sumerge en agua durante 24 horas.
- ✘ Tras la inmersión, se saca la muestra del agua y se seca suavemente con un paño hasta alcanzar el estado de saturación. § Peso saturado:

Se calcula el peso de la muestra en su estado saturado y seco superficial (SSS), que corresponde al peso del árido grueso en ese estado.

- ✘ Peso bajo el agua: La muestra se sumerge completamente en agua a una temperatura comprendida entre 21°C y 25°C antes de registrar su peso en una cesta metálica.
- ✘ La muestra se seca en un horno regulado entre 100°C y 110°C. Una vez enfriada a temperatura ambiente, se mide su peso en seco hasta alcanzar un valor constante.

Cálculos y resultados

El peso específico y la absorción se calculan mediante las siguientes fórmulas:

Tabla 14

Peso específico y absorción del agregado grueso

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN - AGREGADO GRUESO		
A	PESO DE MUESTRA SECADA AL HORNO	783.54
B	PESO DE MUESTRA SATURADA SECA (SSS)	800
W _c	PESO DEL PICNOMETRO CON AGUA	1313.35
W	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA+ MUESTRA	1794.08
W _c +B	PESO DEL PICNOMETRO CON AGUA + PESO DE MUESTRA SATURADA SECA	2113.35
W _c +B-W	PESO DEL PICNOMETRO CON AGUA + PESO DE MUESTRA SATURADA SECA -(PESO DEL PICNOMETRO + AGUA+ MUESTRA)	319.27
B/(W_c+B-W)	PESO ESPECIFICO (gr/cm³)	2.51
(B-A) /A*100	ABSORCION (%)	2.10

Fuente: Resultados del laboratorio.

3.6.1.3. PESO UNITARIO

El peso unitario se define como la relación entre el peso de las partículas y el volumen total, teniendo en cuenta los espacios vacíos



(Pasquel 1998, p. 74). Este valor es un parámetro relativo y cambiante, ya que depende de la dispersión de las partículas.

La ASTM C29 establece el método estándar para evaluar el peso unitario, considerando la disposición de las partículas, ya sea en estado suelto o compactado. Los valores obtenidos son útiles para el de diseño de mezcla.

a) Procedimiento

- ✘ Secado y pesaje de la muestra: Secar la muestra al sol, pesarla en una y anotar su peso.
- ✘ Pesar la tara. Con una pequeña pala, dejar caer el material de la muestra en el recipiente con cinco centímetros de altura, teniendo cuidado de no reorganizar el material por un movimiento excesivo. Llenar el recipiente y nivelarlo con una regla metálica. Pesar el recipiente que contiene el elemento y registrar el peso con una aproximación de 5 gramos.
- ✘ Retirada de la arena: Retirar la arena del recipiente con el mayor cuidado posible para no perder material.
- ✘ Relleno por capas: Deje caer la muestra de arena en el recipiente desde cinco centímetros de altura, generando 3 capas. Para después dar 25 golpes por capa.

Figura 8

Llenado el recipiente en tres capas.



Fuente: Tomada por el tesista

b) Cálculos y Resultados

En las tablas siguientes figuran los resultados de los pesos unitarios secos y compactados de los AG y AF.

Tabla 15

Densidad mínima del agregado fino

DENSIDAD MINIMA - AGREGADO FINO			
Nº MOLDE	I	II	III
PESO DEL MOLDE	5960 gr	5960 gr	5960 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9179.00 gr.	9207.00 gr.	9193.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3919.00 gr.	3247.00 gr	3233.00 gr.
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.533 gr/cm³	1.547 gr/cm³	1.540 gr/cm³
PROMEDIO	1.540 gr/cm³		

Fuente: Resultados del laboratorio.

Tabla 16*Densidad máxima del agregado fino*

DENSIDAD MAXIMA - AGREGADO FINO			
N° MOLDE	I	II	III
PESO DEL MOLDE	5960 gr	5960 gr	5960 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9389.00 gr.	9401.00 gr.	9412.00 gr.
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3429.00 gr.	3441.00 gr.	3452.00 gr.
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.633 gr/cm³	1.639 gr/cm³	1.644 gr/cm³
PROMEDIO	1.639 gr/cm³		

Fuente: Resultados del laboratorio.**Tabla 17***Densidad mínima del agregado grueso*

DENSIDAD MINIMA - AGREGADO GRUESO			
N° MOLDE	I	II	III
PESO DEL MOLDE	7945 gr	7945 gr	7945 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	12759.00 gr.	12770.00 gr.	12765.00 gr.
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4814.00 gr.	4825.00 gr.	4820.00 gr.
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.482 gr/cm³	1.485gr/cm³	1.5483 gr/cm³
PROMEDIO	1.483 gr/cm³		

Fuente: Resultados del laboratorio.

Tabla 18*Densidad máxima del agregado grueso*

DENSIDAD MAXIMA - AGREGADO GRUESO			
N° MOLDE	I	II	III
PESO DEL MOLDE	7945 gr	7945 gr	7945 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	13065.00 gr.	13076.00 gr.	13059.00 gr.
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5120.00 gr.	5131.00 gr.	5114.00 gr.
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.576 gr/cm³	1.579 gr/cm³	1.644 gr/cm³
PROMEDIO	1.576 gr/cm³		

Fuente: Resultados del laboratorio.

3.6.1.4. GRANULOMETRIA

La medición y categorización de los áridos se conoce como granulometría. Este procedimiento está regulado por las normas ASTM C 136 y AASHTO T 27, que han sido modificadas para satisfacer nuestros requisitos específicos con el fin de proporcionar un estudio más preciso de las propiedades físicas de los materiales. Este ensayo de laboratorio se llevó a cabo en este estudio para recopilar información sobre una serie de características físicas y para determinar el tamaño máximo nominal, que es una consideración importante en el diseño de la mezcla. A continuación se indican los pesos de las muestras de áridos gruesos y finos que se utilizaron en la prueba:

- ✓ Agregado fino – Cantera Isla: 500.00 gr.
- ✓ Agregado grueso – Cantera Isla: 3,500.00 gr.



a) Procedimiento

- ✘ Secado de la muestra: Utiliza el secado para asegurarte de que la muestra adquiere una masa consistente.
- ✘ Ordena los tamices en orden decreciente en función del tamaño de sus aberturas.
- ✘ Para cargar la muestra, colóquela encima de los tamices.
- ✘ Agitación: Para garantizar una separación correcta del material, agite los tamices mecánica o manualmente.
- ✘ Carga correcta: Utilizar las tapas adecuadas para cada tamiz y abstenerse de sobrecargarlos.
- ✘ Determinación de la masa: Determinar, con una precisión del 0,1%, la masa del material retenido en cada tamiz.
- ✘ La verificación de la masa consiste en sumar las masas de las distintas fracciones granulométricas y asegurarse de que no hay más de un 0,3% de discrepancia con la masa original de la muestra.
- ✘ Consideración del material lavado: Al calcular el material seco tamizado, tener en cuenta la masa del material que pasó por el tamiz nº 200 si la muestra ya ha sido lavada.

Figura 9

Agitamiento de los tamices con la mano



Fuente: Tomada por el tesista

Figura 10

Determinación de los pesos de la muestra retenida



Fuente: Tomada por el tesista

b) Cálculos y Resultados

A continuación, se muestran los resultados de las pruebas de granulometría de los áridos finos y gruesos:

Tabla 19

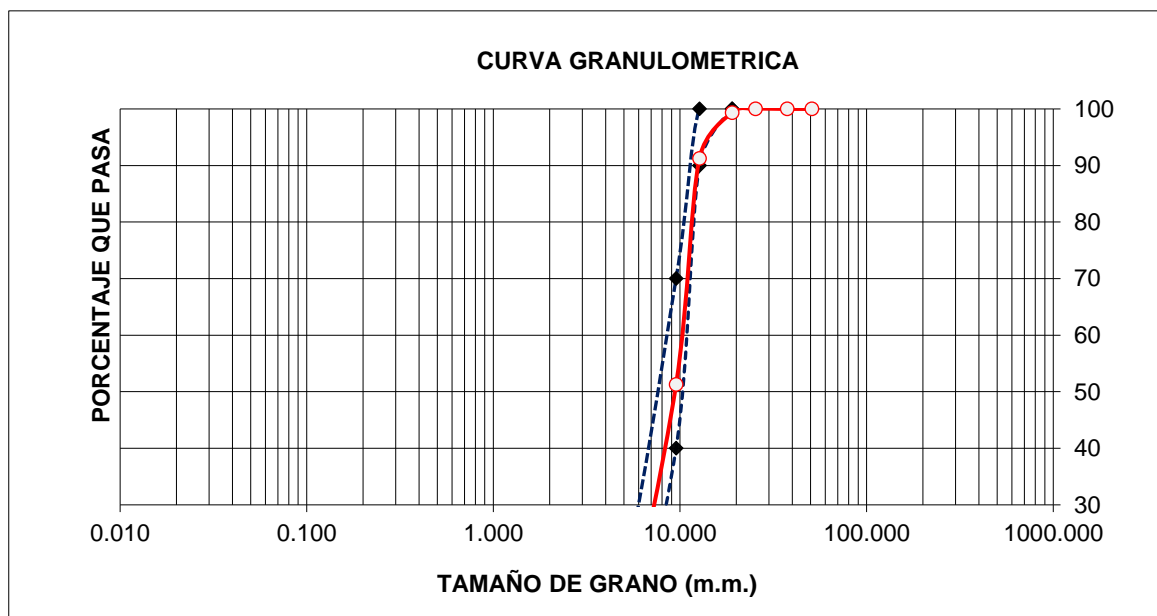
Granulometría del agregado grueso

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	%		% que Pasa	Especifi- caciones	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00			
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00			
							PESO TOTAL	3500.00 gr
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00			
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00			
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00			
							TAMAÑO MAX. NOMINAL	3/4"
3/4"	19.050	23.00	0.66	0.66	99.34	100%		
1/2"	12.700	285.00	8.14	8.80	91.20	90 - 100%		
3/8"	9.525	1398.00	39.94	48.74	51.26	40 - 70%		
1/4"	6.350	0.00						
N° 4	4.760	1794.00	51.26	100.00	0.00	0 - 15%		
BASE		0.00	0.00	0.00	100.00			
TOTAL		3500.00	100.00					
% PERDIDA		0.00						

Fuente: Resultados del laboratorio.

Figura 11

Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Resultados del laboratorio.

Tabla 20

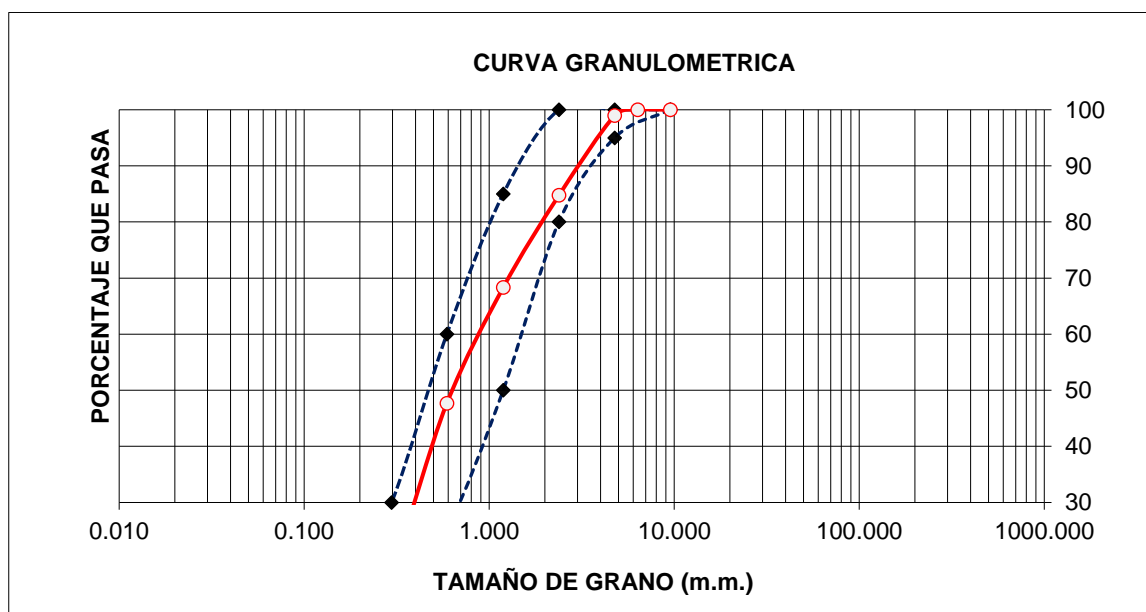
Granulometría del agregado fino

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	%		% que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo			
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
N° 4	4.760	5.23	1.05	1.05	98.95	95 - 100%	
N° 8	2.380	71.10	14.22	15.27	84.73	80 - 100%	
N° 10	2.000						PESO TOTAL 500.00 gr
N° 16	1.190	82.15	16.43	31.70	68.30	50 - 85%	
N° 20	0.840						MODULO DE FINEZA 2.78
N° 30	0.590	103.18	20.64	52.33	47.67	25 - 60%	
N° 40	0.420						
N° 50	0.297	145.17	29.03	81.37	18.63	10 - 30%	
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.149	73.15	14.63	96.00	4.00	2 - 10%	
N° 200	0.074	14.02	2.80	98.80	1.20		
BASE		6.00	1.20	100.00	0.00		
TOTAL		500.00					
% PERDIDA			1.2				

Fuente: Resultados del laboratorio.

Figura 12

Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Resultados del laboratorio.

3.6.1.5. DISEÑO DEL CONCRETO PATRON

En este estudio se empleó el método del Comité 211 del ACI para desarrollar mezclas y seleccionar proporciones de hormigón, según se indica en el libro «Diseño de Mezclas» de Enrique Rivva López. Se consideraron las siguientes especificaciones y procedimiento de diseño:

3.6.1.5.1. PROCESO DE DISEÑO

- ✘ $F'c =$ de 210 kg/cm² después de 28 días.
- ✘ Consistencia de 76,2 mm a 101,6 mm (3" a 4").
- ✘ El tamaño nominal máximo es de 19,05 mm (3/4").
- ✘ Sin incorporador de aire
- ✘ Cemento Rumi IP (2,85 gr/cm³)
- ✘ Agua potable UANCV

Antes de proceder al diseño, la siguiente tabla resume los resultados de los experimentos de laboratorio previos realizados con los AG y AF:

Tabla 21

Resumen de resultados

CARACTERISTICAS FISICA		AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS	gr/cm ³	2.51	2.53
ABSORCION	%	2.10	3.12
P.U. DENSIDAD VARILLADO	gr/cm ³	1.576	1.639
P.U. DENSIDAD SUELTO	gr/cm ³	1.483	1.54
HUMEDAD	%	2.30	7.83
MODULO DE FINEZA		-	2.78

Fuente: Resultados del laboratorio.

CALCULO

Con los cálculos realizados en los laboratorios de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, se obtuvieron los siguientes resultados:

**1.0 bolsa de cemento**

- ⌘ 2.17 p3 de agregado fino
- ⌘ 2.45 p3 de agregado grueso
- ⌘ 19 Lt de agua

redondeo

- 2.2 p3 de arena
- 2.5 p3 de agregado grueso
- 19 Lt de agua

3.7. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

HIPOTESIS I: La adición de grafito en un porcentaje del 5% mejora las características mecánicas del hormigón y se traduce en una mejora del 1.5 veces de su resistencia a la compresión.

La figura 11 muestra los resultados de la adición de nanopartículas de grafito al hormigón, que produjo un aumento de la resistencia a la compresión del producto.

Según Cui et al., (2017). En su investigación determinaron que a medida que se aumenta el nano grafito la dureza es aún mayor, por lo tanto, una adición de ésta misma de un 5% la dureza del compuesto cementoso crece aproximadamente 1,5 veces.

Según Ahmad & Qureshi, (2021). El objetivo principal de su investigación era ver cómo afectaban las nanoplaquetas de grafeno al uso de residuos en la producción de hormigón, lo que dio como resultado un porcentaje óptimo del 5% de nanoplaquetas de grafeno, que presentaba una resistencia a la compresión un 13,56% mayor tras 28 días de curado que el hormigón de residuos electrónicos sin nanoplaquetas de grafeno.

Según Alvarado & Roque, (2020), en su investigación aumenta la resistencia con una adición del 3% de grafito.

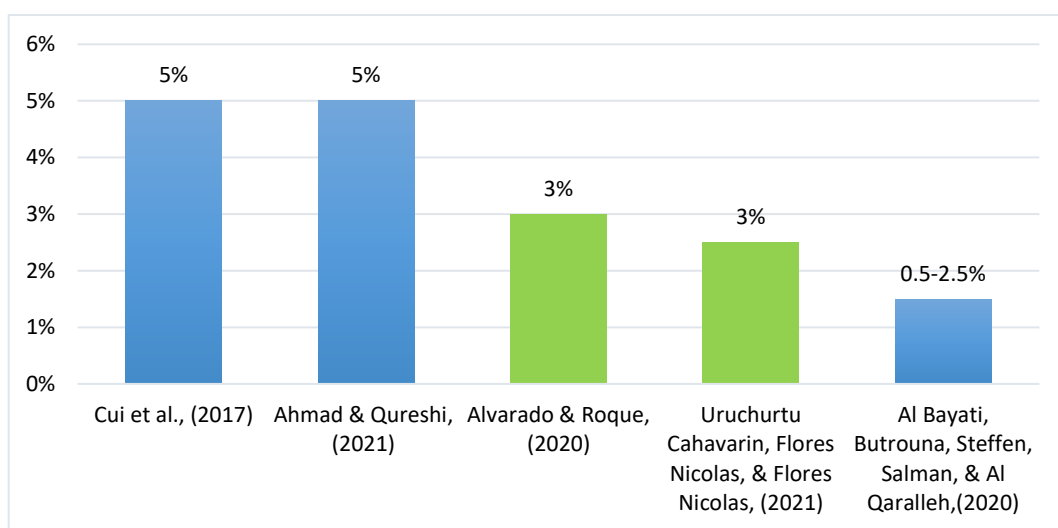
Según Uruchurtu Cahavarin, Flores Nicolas, & Flores Nicolas, (2021), la f'c aumenta con la adición del 2.5% de grafito y disminuye al adicionar 7.5%.

Según Al Bayati, Butrouna, Steffen, Salman, & Al Qaralleh,(2020), La incorporación de 0,5% - 2,5% de grafito aumentó la resistencia.

Según la bibliografía examinada, la adición de 0,5% y 5% de grafito al hormigón aumenta su resistencia, lo que respalda la hipótesis 1. En consecuencia, la adición de polvo de grafito en porcentajes no superiores al 5% mejora la f'c.

Figura 13

Resumen de resultados para resistencia a la compresión adicionando polvo de grafito.



Nota. La figura muestra una comparación de los resultados de distintas fuentes, En base a datos obtenidos de *Cui et al., (2017)*; *Ahmad & Qureshi, (2021)*; *Alvarado & Roque, (2020)*; *Uruchurtu Cahavarin, Flores Nicolas, & Flores Nicolas, (2021)*; *Al Bayati, Butrouna, Steffen, Salman, & Al Qaralleh,(2020)*.

HIPOTESIS II: La adición de nanopartículas de grafito disminuye el asentamiento adicionando 0.5% de grafito reduciendo la trabajabilidad de la mezcla.

De acuerdo con los resultados de las investigaciones sobre la trabajabilidad del concreto en fresco de acuerdo con la adición de las nanopartículas de grafito, se realizó una revisión de artículos las cuales son:

Según Alvarado & Roque, (2020) el asentamiento se redujo con la adición del 2% de grafito y desciende con el aumento de grafito en concreto en fresco.

Según Al Bayati, Butrouna, Steffen, Salman, & Al Qaralleh, (2020), El asentamiento se redujo con la adición de 0,5% de grafito y se redujo aún más con la adición de 2,5% de polvo de grafito.

Según Flores Nicolas, (2020), El asentamiento se redujo con la adición de 2,5% de grafito en polvo a la mezcla, pero este valor se mantuvo con la adición de 7,5% y 15% de grafito en polvo al tiempo que aumentaba la cantidad de agua en la mezcla.

De acuerdo con la bibliografía analizada, el asentamiento disminuye con la adición de la menor cantidad de grafito en polvo, lo que nos permite rechazar la hipótesis II.

HIPOTESIS III: El concreto dosificado con nanopartículas de grafito resulta ser la opción más rentable con una mejora de 15.35% en resistencia a la compresión y un 10.36% el costo de la dotación del grafito en 0.06%.

La Figura N° 12 muestra los resultados de las investigaciones sobre la rentabilidad en costos y resistencia a comparación del concreto tradicional con la adición de las nanopartículas de grafito, se realizó una revisión de artículos las cuales son:

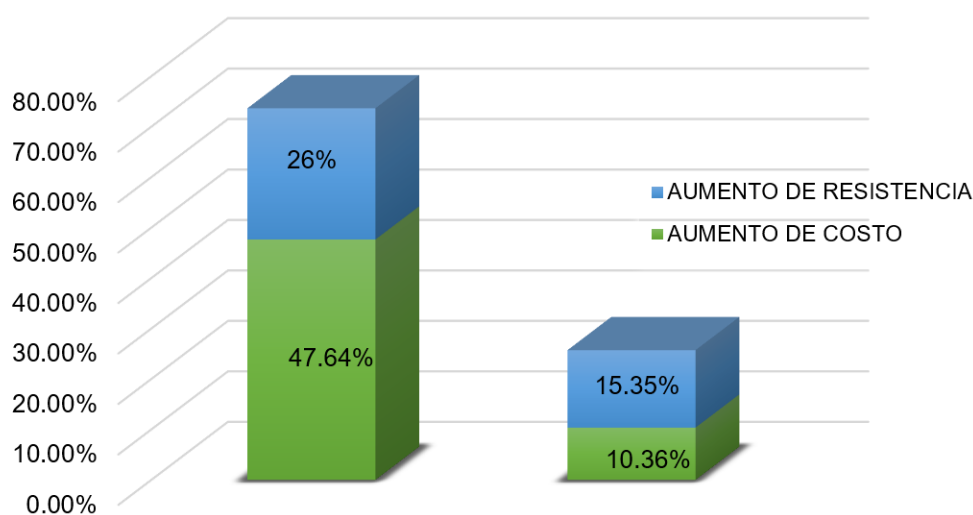
Ccopa (2017), Se señaló que el coste de un hormigón normal es de 216,62 S/. para 1 m³, y que la incorporación de un 0,5% de grafeno incrementa el coste en un 47,64%. El hormigón que contiene la adición mejora

la resistencia a la compresión en un 26% respecto al hormigón ordinario, aumenta la uniformidad y acelera el tiempo de fraguado.

Santisteban (2021), El coste del hormigón ordinario es de 286,58 S/. para 1m³, que aumenta un 10,36% con la adición de grafeno al 0,06%. La adición mejora la resistencia en un 15,35% en comparación con el hormigón ordinario.

Figura 14

Resumen de resultados para la rentabilidad de costos y resistencia adicionando polvo de grafito.



Nota. La figura muestra una comparación de los resultados de distintas fuentes, En base a datos obtenidos de *Ccopa (2017)*; *Santisteban (2021)*.

Según la bibliografía estudiada, la rentabilidad del hormigón aumenta y disminuye con la adición del porcentaje adecuado de polvo de grafito, lo que nos permite aceptar la hipótesis III.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

La resistencia del hormigón suele relacionarse con la resistencia a la compresión, ya que esta situación de carga demuestra la mayor capacidad del hormigón para soportar tensiones. En consecuencia, los elementos estructurales suelen construirse para aprovechar esta característica del hormigón. La siguiente ecuación se utiliza para determinar la resistencia a la compresión de la probeta que se está midiendo:

$$F_c = \frac{4G}{\pi * D^2}$$

Donde:

F_c : resistencia a la compresión (kg/cm²)

G: Carga de rotura (kg)

D: Diámetro (cm)

4.1.1. CONCRETO PATRÓN

El concreto fue preparado en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras de la Ciudad Universitaria Néstor Caseres Velásquez de Juliaca.

El examen de los siguientes resultados recogidos de las diversas pruebas realizadas en la investigación "INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA", fueron:

- ✘ Agregado fino de la cantera "Isla".
- ✘ Agregado grueso de la cantera "Isla".
- ✘ Cemento Rumi tipo IP.
- ✘ Grafito

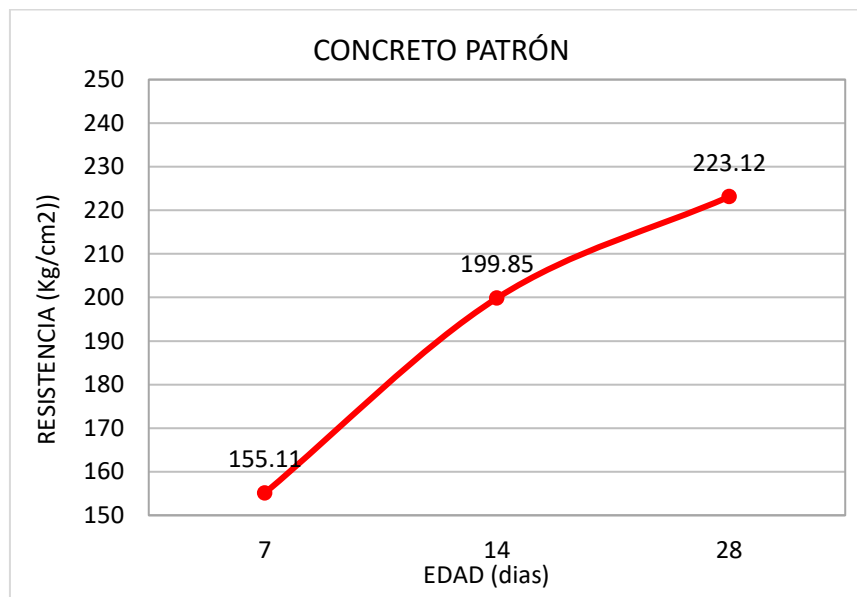
Tabla 22*Resistencia a la compresión del concreto patrón*

N° PROBETA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	EDAD días	CARGA Kg	Ø	RESISTENCIA f'c=Kg/cm2	DISEÑO F'c=kg/cm2	% Resist.
1	PROBETA DE MUESTRA 15.00 x 30.00 cm (M-1)	7	27920	15.00	158.07	210	75.27%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.06 x 30.00 cm (M-2)	7	26800	15.06	151.73	210	72.25%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.04 x 30.00 cm (M-3)	7	27470	15.04	155.52	210	74.06%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					155.11		73.86%
1	PROBETA DE MUESTRA 15.00 x 30.00 cm (M-1)	14	35160	15.04	199.06	210	94.79%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.06 x 30.00 cm (M-2)	14	34970	15.06	197.98	210	94.28%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.04 x 30.00 cm (M-3)	14	35770	15.06	202.51	210	96.43%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					199.85		95.17%
1	PROBETA DE MUESTRA 15.00 x 30.00 cm (M-1)	28	40050	15.03	226.75	210	107.98%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.06 x 30.00 cm (M-2)	28	39780	15.05	225.22	210	107.25%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.04 x 30.00 cm (M-3)	28	38400	15.01	217.4	210	103.52%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					223.12		106.25%

Fuente: Elaboración propia

Figura 15

Resistencia a la compresión del concreto patrón según edades



Fuente: Elaboración propia

El ensayo de resistencia a la compresión del hormigón tradicional o patrón a los 7, 14 y 28 días arrojó una media de 155,11, 199,85 y 223,12 kg/cm², respectivamente.

Figura 16

Vaciado del concreto tradicional en las briquetas



Fuente: Tomada por el tesista

Figura 17

Ensayo de rompimiento de briqueta



Fuente: Tomada por el tesista

4.1.2. CONCRETO CON GRAFITO DE 1%, 3% Y 5%

Tabla 23

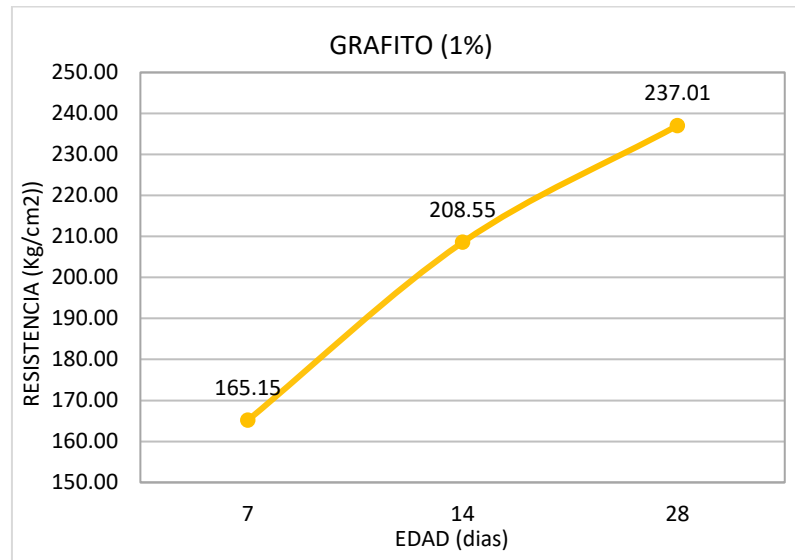
Resistencia a la compresión del concreto con 1% de grafito

N° PROBETA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	EDAD días	CARGA Kg	Ø	RESISTENCIA f'c=Kg/cm2	DISEÑO F'c=kg/cm2	% Resist.
1	PROBETA DE MUESTRA 15.06 x 30.00 cm (M-1)	7	29900	15.06	169.28	210	80.61%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.04 x 30.00 cm (M-2)	7	28060	15.04	158.86	210	75.65%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.05 x 30.00 cm (M-3)	7	29550	15.05	167.30	210	79.67%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					165.15		78.64%
1	PROBETA DE MUESTRA 15.02 x 30.00 cm (M-1)	14	36110	15.02	204.44	210	97.35%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.07 x 30.00 cm (M-2)	14	37880	15.07	214.46	210	102.12%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.03 x 30.00 cm (M-3)	14	36520	15.03	206.76	210	98.46%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					208.55		99.31%
1	PROBETA DE MUESTRA 15.05 x 30.00 cm (M-1)	28	42320	15.05	239.6	210	114.10%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.01 x 30.00 cm (M-2)	28	41480	15.01	234.84	210	111.83%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.03 x 30.00 cm (M-3)	28	41790	15.03	236.6	210	112.67%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					237.01		112.86%

Fuente: Elaboración propia

Figura 18

Resistencia a la compresión del concreto con 1% de grafito



Fuente: Elaboración propia

La figura anterior representa los datos obtenidos de la rotura de la probeta, que tuvo una tensión a la rotura de 237,01kg/cm² después de 28 días de curado con la adición de 1% de nanopartículas de grafito, superando al hormigón normal en un 12,86%.

Figura 19

Adición de nanopartículas de grafito



Fuente: Tomada por el tesista

Figura 20

Resultados de rompimiento de briqueta



Fuente: Tomada por el tesista

Tabla 24

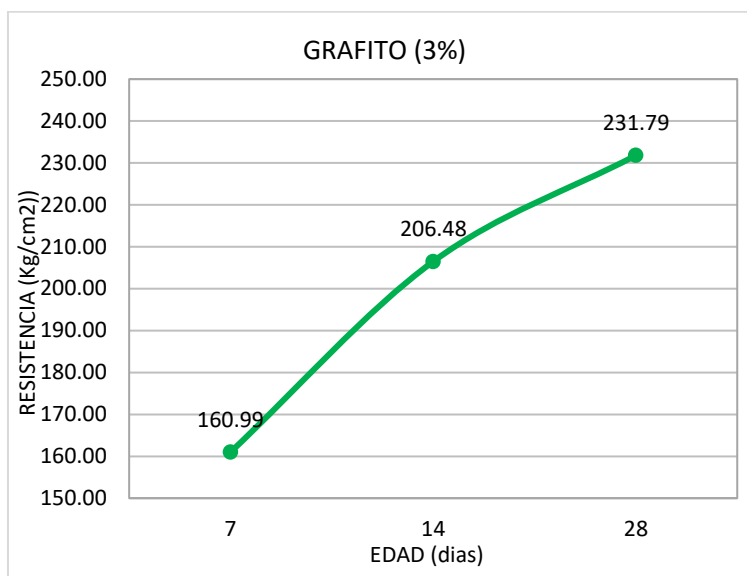
Resistencia a la compresión del concreto con 3% de grafito

N° PROBETA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	EDAD días	CARGA Kg	Ø	RESISTENCIA f'c=Kg/cm2	DISEÑO F'c=kg/cm2	% Resist.
1	PROBETA DE MUESTRA 15.03 x 30.00 cm (M-1)	7	29400	15.03	166.45	210	79.26%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.05 x 30.00 cm (M-2)	7	28060	15.05	158.86	210	75.65%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.02 x 30.00 cm (M-3)	7	27850	15.02	157.67	210	75.08%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					160.99		76.66%
1	PROBETA DE MUESTRA 15.40 x 30.00 cm (M-1)	14	35670	15.04	201.95	210	96.17%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.01 x 30.00 cm (M-2)	14	36860	15.01	208.68	210	99.37%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.05 x 30.00 cm (M-3)	14	36880	15.05	208.8	210	99.43%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					206.48		98.32%
1	PROBETA DE MUESTRA 15.03 x 30.00 cm (M-1)	28	42140	15.03	238.58	210	113.61%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.07 x 30.00 cm (M-2)	28	40190	15.07	227.54	210	108.35%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.04 x 30.00 cm (M-3)	28	40490	15.04	229.24	210	109.16%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					231.79		110.37%

Fuente: Elaboración propia

Figura 21

Resistencia a la compresión del concreto con 3% de grafito



Fuente: Elaboración propia

La figura anterior muestra los resultados de la rotura de las probetas, con una tensión de rotura máxima de 231,79kg/cm² alcanzada tras 28 días de curado con un 3% de nanopartículas de grafito, superando al hormigón normal en un 10,37%.

Figura 22

Adición de nanopartículas de grafito en un 3%



Fuente: Tomada por el tesista

Figura 23

Ensayo de resistencia a la compresión



Fuente: Tomada por el tesista

Tabla 25

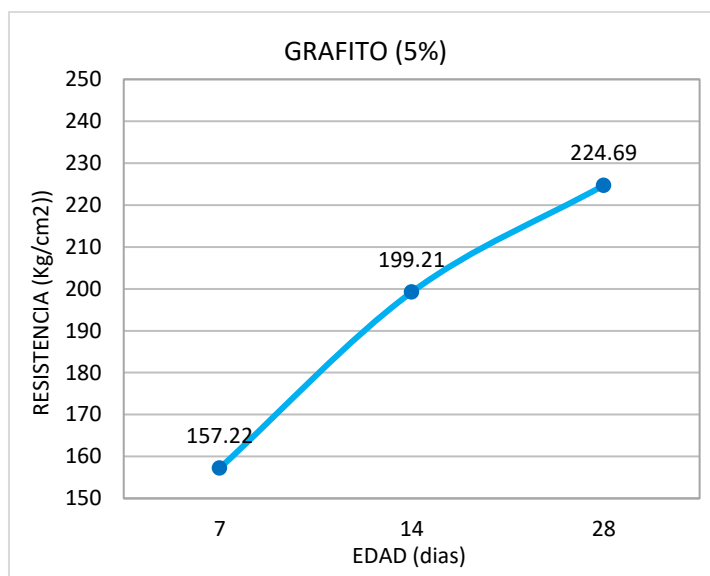
Resistencia a la compresión del concreto con 5% de grafito

N° PROBETA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	EDAD días	CARGA Kg	Ø	RESISTENCIA f'c=Kg/cm2	DISEÑO F'c=kg/cm2	% Resist.
1	PROBETA DE MUESTRA 15.04 x 30.00 cm (M-1)	7	27400	15.04	155.13	210	73.87%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.02 x 30.00 cm (M-2)	7	28060	15.02	158.86	210	75.65%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.06 x 30.00 cm (M-3)	7	27850	15.06	157.67	210	75.08%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					157.22		74.87%
1	PROBETA DE MUESTRA 15.03 x 30.00 cm (M-1)	14	35270	15.03	199.68	210	95.09%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.05 x 30.00 cm (M-2)	14	34410	15.05	194.81	210	92.77%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.05 x 30.00 cm (M-3)	14	35880	15.05	203.14	210	96.73%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					199.21		94.86%
1	PROBETA DE MUESTRA 15.07 x 30.00 cm (M-1)	28	39750	15.07	225.05	210	107.17%
2	PROBETA DE MUESTRA 15.04 x 30.00 cm (M-2)	28	39170	15.04	221.76	210	105.60%
3	PROBETA DE MUESTRA 15.05 x 30.00 cm (M-3)	28	40140	15.05	227.25	210	108.21%
PROMEDIO f'c=Kg/cm2					224.69		106.99%

Fuente: Elaboración propia

Figura 24

Resistencia a la compresión del concreto con 5% de grafito



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se puede observar los resultados de la rotura de los especímenes, teniendo un esfuerzo a la rotura máxima de 224.69kg/cm² alcanzados a los 28 días de curado con una adición del 5% de nanopartículas de grafito, superando en un 6.99% del concreto patrón.

Figura 25

Adición del 5% de nanopartículas de grafito



Fuente: Tomada por el tesista

Figura 26

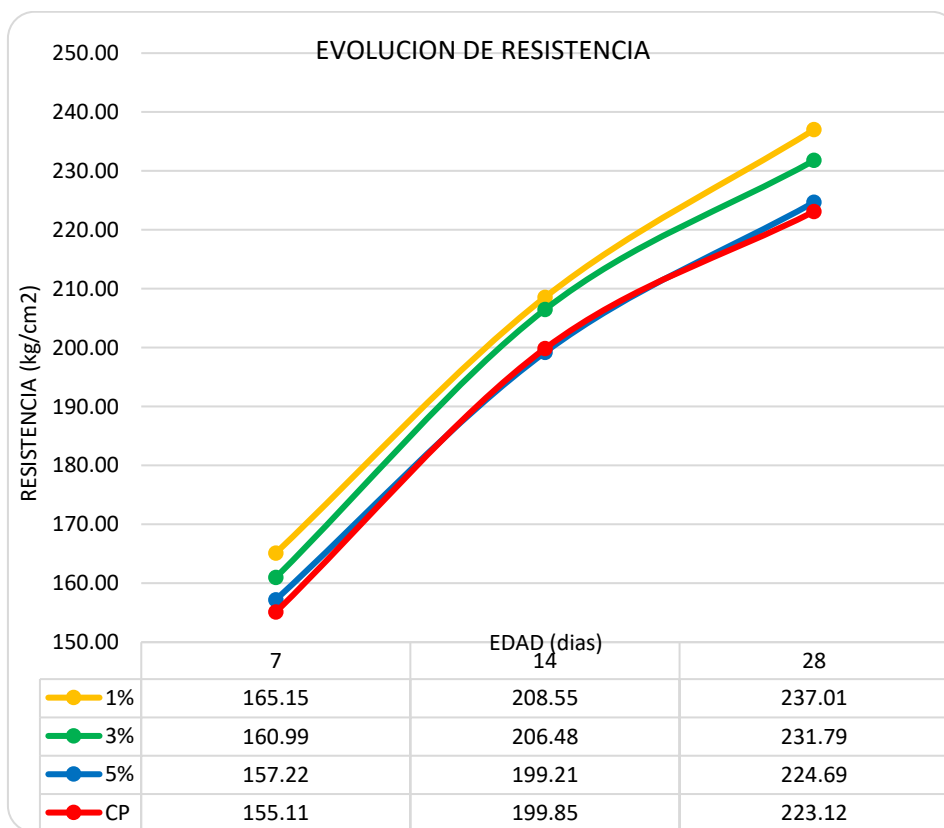
Ensayo de rompimiento de briqueta



Fuente: Tomada por el tesista

Figura 27

Evolución de la resistencia a la compresión según edades de curado



Fuente: Elaboración propia



El gráfico representa la evolución de la resistencia del hormigón alcanzada tras 7, 14 y 28 días de curado de un hormigón típico de 210kg/cm² y la adición de 1%, 3% y 5% de grafito. Puede interpretarse que, según la evolución de la resistencia a la compresión, la adición de un 1% de nanopartículas de grafito a un hormigón de 201kg/cm² produce un aumento de la resistencia a los 28 días de curado.

Se puede concluir que la adición de un 1% de grafito al peso de cemento es adecuada, arrojando valores superiores al hormigón estándar de 210 kg/cm² y aumentando gradualmente la resistencia, con lo que se consigue el objetivo principal de este estudio. Como resultado, se validan tanto las hipótesis generales como las específicas, demostrando que la adición de un 1% de nanopartículas de grafito a una mezcla de hormigón de 210 kg/cm² aumenta la resistencia media a compresión en un 12,86% en comparación con el hormigón estándar

4.2. TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA (ASTM C143, NTP 339.035)

La capacidad de una mezcla de hormigón para mantenerse uniforme en unas condiciones determinadas durante un tiempo predeterminado se conoce como trabajabilidad o consistencia. Se evalúa mediante el ensayo de cono de Abrams. Para medir el asentamiento del hormigón después de desmoldarlo verticalmente y evitar que se desplome, se compacta una muestra de hormigón en un molde troncocónico. Según la especificación, la compactación se realiza en tres niveles de igual volumen utilizando una varilla metálica lisa, con 25 golpes distribuidos uniformemente por cada capa.

Calculo y resultados

Tabla 26

Ensayo de asentamiento de concreto patrón

MUESTRA	ASENTAMIENTO		PROMEDIO (PULGADAS)
	Cm	Pulgadas	
CONCRETO PATRON	M-1	8.9	3.50
	M-2	8.7	3.43
	M-3	9.1	3.58

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se aprecia los valores de revenimiento, en el que el asentamiento promedio es de 3.5" estando dentro del rango de especificación de 3" a 4".

Figura 28

Ensayo de asentamiento con el cono de Abrahams



Fuente: Tomada por el tesista

Tabla 27*Ensayo de asentamiento del concreto con 1% de grafito*

MUESTRA	ASENTAMIENTO		PROMEDIO (PULGADAS)	VARIACION RESPECTO AL CONCRETO PATRON
	cm	Pulgadas		
CON 1% DE GRAFITO	8.1	3.19	3.27	91%
	8.5	3.35		96%
	8.3	3.27		93%

Fuente: Elaboración propia

La tabla demuestra la variación del asentamiento del hormigón con la adición de 1% de grafito en estado fresco, con una media de 3,27", que está dentro de las especificaciones de 3" a 4".

Tabla 28*Ensayo de asentamiento del concreto con 3% de grafito*

MUESTRA	ASENTAMIENTO		PROMEDIO (PULGADAS)	VARIACION RESPECTO AL CONCRETO PATRON
	cm	Pulgadas		
CON 3% DE GRAFITO	7.9	3.11	2.98	89%
	7.3	2.87		82%
	7.5	2.95		84%

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra la variación del asentamiento del hormigón con la adición de 3% de grafito en estado fresco, con una media de 2,98" lo que indica una consistencia plástica.

Tabla 29*Ensayo de asentamiento del concreto con 5% de grafito*

MUESTRA	ASENTAMIENTO		PROMEDIO (PULGADAS)	VARIACION RESPECTO AL CONCRETO PATRON
	cm	Pulgadas		
CON 5% DE GRAFITO	6.5	2.56	2.52	73%
	6.7	2.64		75%
	6.0	2.36		67%

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra la variación del asentamiento del hormigón con la adición de 5% de grafito en estado fresco, con una media de 2,52", lo que indica una consistencia plástica.

Tabla 30

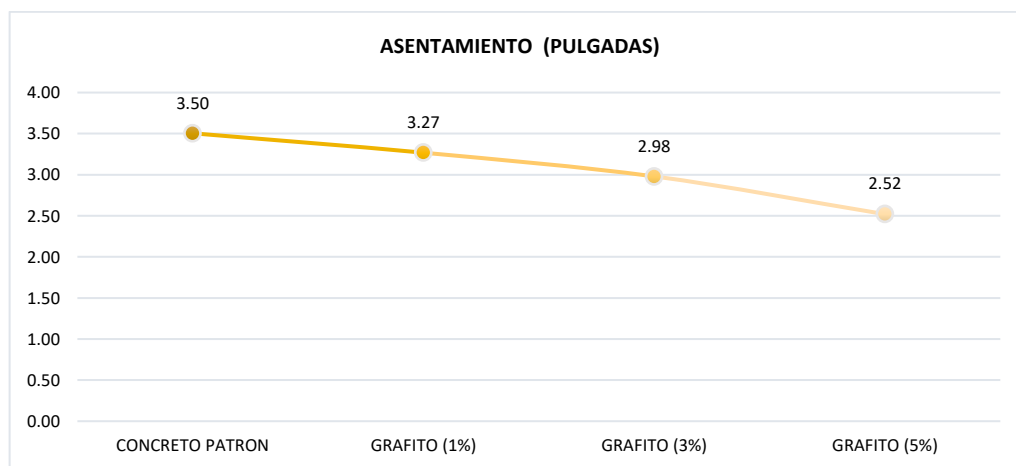
Ensayo de asentamiento y variación con respecto al concreto patrón

MUESTRA	ASENTAMIENTO (PULGADAS)	VARIACION RESPECTO AL PATRON	NUMERO DE MEDICIONES
CONCRETO PATRON	3.50	100%	3
GRAFITO (1%)	3.27	93%	3
GRAFITO (3%)	2.98	85%	3
GRAFITO (5%)	2.52	72%	3

Fuente: Elaboración propia

Figura 29

Evolución del asentamiento



Fuente: Elaboración propia.

La figura indica que la adición de nanopartículas de grafito al 1%, 3% y 5% perjudica la trabajabilidad en comparación con el hormigón estándar, dando lugar a una consistencia plástica.

Figura 30

Ensayo de asentamiento con el cono de Abrahams



Fuente: Tomado por el tesista

4.3. RENTABILIDAD DEL CONCRETO CON LA ADICIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO FRENTE A UN CONCRETO TRADICIONAL

Se analizó el coste de los diseños de mezcla (hormigón tradicional o patron, hormigón con grafito) para 1m³ de hormigón. También se tuvo en cuenta la procedencia de los materiales utilizados en esta investigación.

Los materiales incluyen agregados finos y gruesos de la cantera «Isla», cemento Rumi IP y grafeno.

4.3.1. COSTO DEL CONCRETO PATRÓN

Tabla 31

Costo del concreto tradicional (patrón) para 1m³ de concreto

MATERIAL	CANT. USADA PARA 1m ³	CANT. EQUIVALENTE	UNIDAD	COSTO UNITARIO (soles)	PRECIO (Soles)
CEMENTO	367 kg	8.64	bls	30	259.06
AGUA	205 lt	0.21	m ³	5	1.03
A. GRUESO	871 kg	0.58	m ³	45	26.11
A. FINO	759 kg	0.51	m ³	35	17.70
TOTAL PARA 1m³ DE CONCRETO					303.90

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. COSTO DE CONCRETO CON 1% DE GRAFITO

Tabla 32

Costo del concreto con 1% de nanopartículas de grafito

MATERIAL	CANT. USADA PARA 1m3	CANT. EQUIVALENTE	UNIDAD	COSTO UNITARIO (soles)	PRECIO (Soles)
CEMENTO	367 kg	8.64	bls	30	259.06
AGUA	205 lt	0.21	m3	5	1.03
A. GRUESO	871 kg	0.58	m3	45	26.11
A. FINO	759 kg	0.51	m3	35	17.70
GRAFITO 1.0 %	3.67 kg	3.67	kg	25	91.75
TOTAL PARA 1m3 DE CONCRETO					395.65

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. COSTO DE CONCRETO CON 3% DE GRAFITO

Tabla 33

Costo del concreto con 3% de nanopartículas de grafito

MATERIAL	CANT. USADA PARA 1m3	CANT. EQUIVALENTE	UNIDAD	COSTO UNITARIO (soles)	PRECIO (Soles)
CEMENTO	367 kg	8.64	bls	30	259.06
AGUA	205 lt	0.21	m3	5	1.03
A. GRUESO	871 kg	0.58	m3	45	26.11
A. FINO	759 kg	0.51	m3	35	17.70
GRAFITO 3.0 %	11.01 kg	11.01	kg	25	275.25
TOTAL PARA 1m3 DE CONCRETO					579.15

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. COSTO DE CONCRETO CON 5% DE GRAFITO

Tabla 34

Costo del concreto con 5% de nanopartículas de grafito

MATERIAL	CANT. USADA PARA 1m3	CANT. EQUIVALENTE	UNIDAD	COSTO UNITARIO (soles)	PRECIO (Soles)
CEMENTO	367 kg	8.64	bls	30	259.06
AGUA	205 lt	0.21	m3	5	1.03
A. GRUESO	871 kg	0.58	m3	45	26.11
A. FINO	759 kg	0.51	m3	35	17.70
GRAFITO 5.0 %	18.35 kg	18.35	kg	25	458.75
TOTAL, PARA 1m3 DE CONCRETO					762.65

Fuente: Elaboración propia

4.3.5. RESUMEN DE COSTO TOTAL

Tabla 35

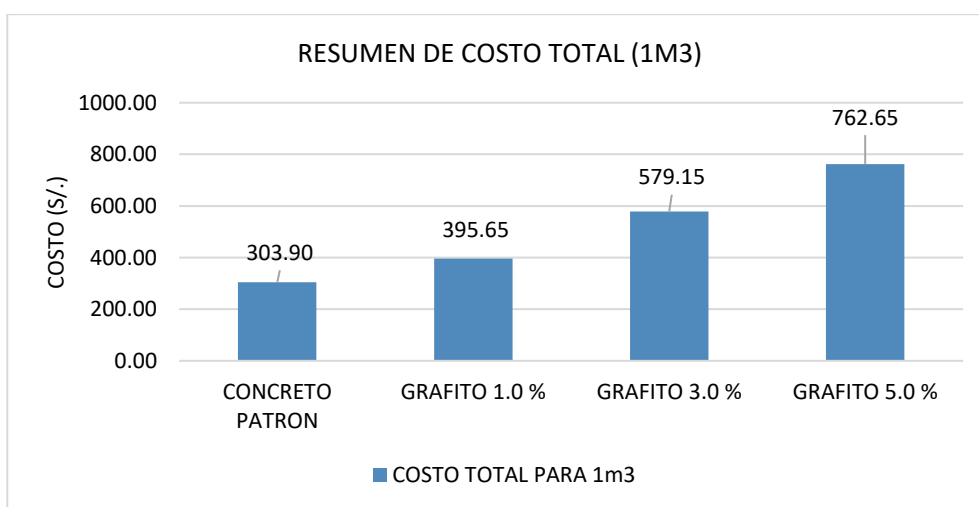
Resumen de costos de concreto patrón y con adición del 1% ,3% y 5%

TIPO DE CONCRETO	COSTO TOTAL PARA 1m3
CONCRETO PATRÓN	303.90 S/.
GRAFITO 1.0 %	395.65 S/.
GRAFITO 3.0 %	579.15 S/.
GRAFITO 5.0 %	762.65 S/.

Fuente: Elaboración propia

Figura 31

Resumen de costo total



Fuente: Elaboración propia

El resumen muestra el costo del concreto tradicional o patrón, así como el concreto con la adición de 1%, 3% y 5% de nanopartículas de grafito, indicando que el concreto estándar tiene un costo de 303.90 S/. soles por 1.00 m3 de concreto; tiene un incremento de 30.19% del costo con la adición de 1% de nanopartículas de grafito, con una resistencia alcanzada de 237.01 kg/cm²,



superando al concreto tradicional con una mejora de 12.86% en resistencia a la compresión.

4.4. DISCUSIÓN

Este estudio examina la resistencia a la compresión, la trabajabilidad y la rentabilidad del hormigón con nanopartículas de grafito al 1%, 3% y 5%, en comparación con el hormigón normal con una resistencia de 210 kg/cm². A continuación, se describen las restricciones tecnológicas y económicas:

Limitaciones Técnicas:

Método de Diseño: Se utilizó el método ACI 211.1, considerando tablas y pautas para el diseño de mezclas.

Dosificación: La adición de grafito se realizó de manera no probabilística, basándose en criterios propios y porcentajes acordes a antecedentes.

Revisión Bibliográfica: La búsqueda de información se llevó a cabo a través revistas virtuales, trabajos de investigación y estudios previos.

Limitaciones de Elaboración:

Preparación de las muestras: Las pruebas se realizaron en el laboratorio de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, que requería reserva previa. Tuvimos acceso a los equipos y herramientas esenciales para llevar a cabo la investigación.

Limitaciones Económicas:

Obtención de Materiales: La adquisición de material se realizó en diversos lugares. Los áridos se obtuvieron de la cantera Isla, elegida por la fiabilidad de sus productos. La mayor dificultad fue seleccionar un proveedor de nanopartículas de grafito, ya que en Perú este mineral es comercializado por diferentes empresas. Se optó por adquirir grafito en polvo de una empresa

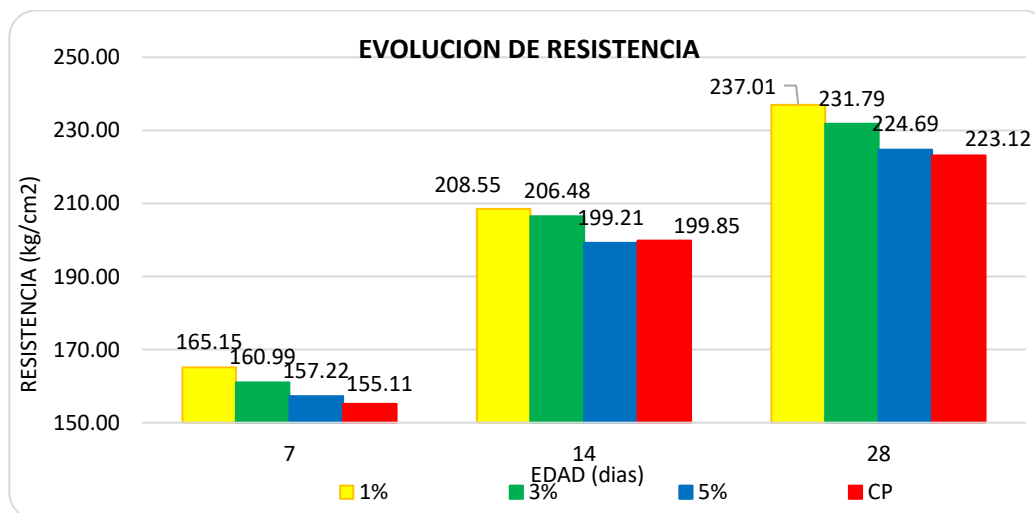
minorista, KCELI INVERSIONES GENERALES SAC, que garantiza la veracidad del mineral a través de una ficha técnica.

El diseño de la mezcla para un hormigón con $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando áridos de cantera Isla y nanopartículas de grafito es el siguiente: 367 kg de cemento, 205 lt de agua, 871 kg de árido grueso y 759 kg de árido fino. La dosificación óptima es del 1% de nanopartículas de grafito (3,67 kilogramos por m^3 de hormigón), con lo que se obtiene una resistencia máxima de $237,01 \text{ kg/cm}^2$.

1. Para determinar la influencia del porcentaje de nanopartículas de grafito en el comportamiento mecánico de la resistencia a compresión del hormigón en comparación con un hormigón tradicional de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, se muestra la comparación y la variación de las resistencias obtenidas a los 7, 14 y 28 días de curado, con un incremento de 237.01 kg/cm^2 con la adición del 1% de nanopartículas de grafito a los 28 días de curado, $231,79 \text{ kg/cm}^2$ con la adición del 3% de nanopartículas de grafito a los 28 días

Figura 32

Evolución de la resistencia a la compresión



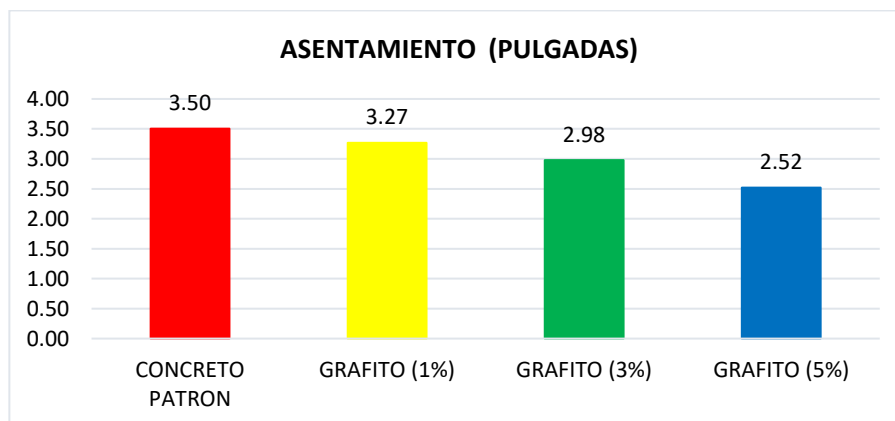
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, según Uruchurtu Cahavarin, Flores Nicolas, & Flores Nicolas, (2021), la resistencia aumenta con la adición del 2.5% de grafito y disminuye con la adición del 7.5%, así mismo. Según Cui et al., (2017). En su investigación determinaron que a medida que se aumenta el nano grafito la dureza es aún mayor, por lo tanto, una adición de ésta misma de un 5% la dureza del compuesto cementoso crece aproximadamente 1,5 veces. Dado las comparaciones la presente investigación evidencia que el más bajo es la adición del 5%; y un incremento progresivo con la adición del 1% con las nanopartículas de grafito para altitudes mayores de 3800 m.s.n.m.

2. Para probar la influencia de las nanopartículas de grafito en la trabajabilidad, se comparó el asentamiento de un hormigón tradicional o patron ($f'c=210$ kg/cm²) con un hormigón con nanopartículas de grafito. El hormigón tradicional tenía un asentamiento de 3,5", mientras que el grafito al 1% tenía un asentamiento de 3,27", el grafito al 3% tenía un asentamiento de 2,98" y el grafito al 5% tenía un asentamiento de 2,98" por lo que desciende la trabajabilidad del concreto.

Figura 33

Evolución del asentamiento



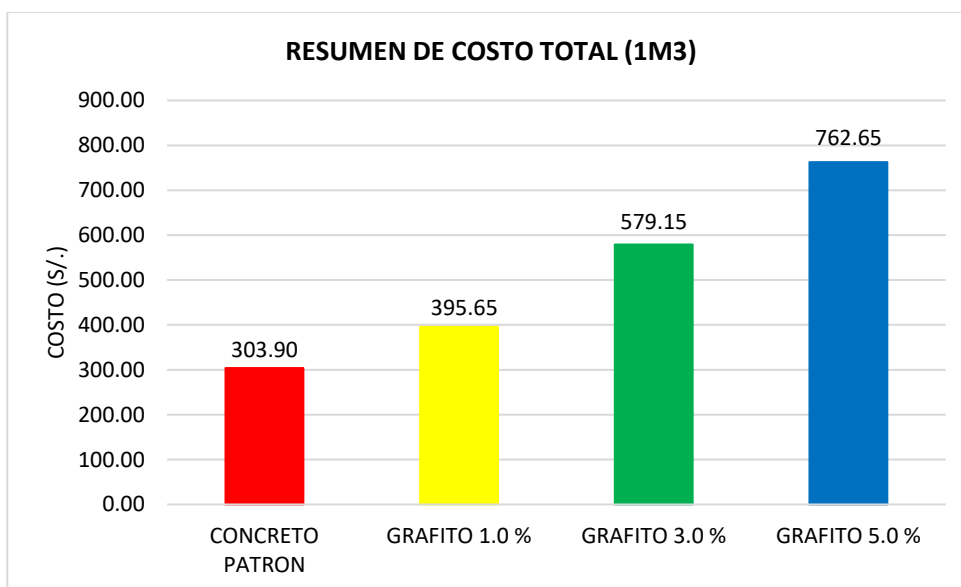
Fuente: Elaboración propia

Así mismo, Según Al Bayati, Butrouna, Steffen, Salman, & Al Qaralleh, (2020), La adición de 0,5% de polvo de grafito a la nueva mezcla de hormigón redujo el valor de asentamiento del hormigón, que siguió disminuyendo con la adición de 2,5% de polvo de grafito. Como resultado, el presente estudio muestra que la adición de nanopartículas de grafito reduce el valor de asentamiento, reduciendo la trabajabilidad en comparación con el hormigón tradicional (hormigón estándar).

3. Para identificar la rentabilidad de añadir nanopartículas de grafito al hormigón, se puede comparar el coste del hormigón tradicional y del hormigón con 1%, 3% y 5% de nanopartículas de grafito. El hormigón estándar cuesta 303,90 S/. soles por 1,00 m³ de hormigón, que aumenta un 30,19% con una adición del 1% de nanopartículas de grafito siendo el concreto con mayor resistencia, superando al concreto patrón con una mejora del 12.86% en resistencia a la compresión.

Figura 34

Evolución del costo del concreto



Fuente: Elaboración propia



Así mismo, Santisteban (2021), destacó que el costo de un concreto tradicional es de 286.58 S/. para un 1m³ y sufre un incremento de 10.36% del costo con una dotación de grafito del 0.06%. Como resultado, el presente estudio demuestra que el concreto con el aditivo mejora la resistencia a la compresión en un 12,86% respecto al concreto tradicional a un coste de 303,90 S/.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

PRIMERA, La influencia del porcentaje de nanopartículas de grafito en el comportamiento mecánico de la resistencia a la compresión del concreto, mejora en un 12.86% equivalente a 237.01kg/cm² frente al concreto tradicional; así mismo la dotación óptima para el uso del grafito según la presente investigación en el concreto 210 kg/cm² para el incremento de la resistencia a la compresión, es del 1% (del peso del cemento) de nanopartículas de grafito, mostrando incidencias positivas, por otro lado, la resistencia a la compresión del concreto se incrementa conforme aumenta su edad.

SEGUNDA, Al experimentar la adición de nanopartículas de grafito en la trabajabilidad de la mezcla del concreto, disminuye la trabajabilidad del concreto descendiendo de 3.5 pulg a 2.52 pulg en el ensayo de asentamiento esto debido a que las nanopartículas de grafito absorben cierta cantidad de agua.

TERCERA, Al identificar la rentabilidad del concreto con la adición de grafito frente a un concreto tradicional, resultó ser positiva la rentabilidad con mejor resistencia a la compresión, y negativa con el costo del concreto con nanopartículas de grafito incrementándose en un 30.19% respecto al concreto tradicional para una dosis de 1.0% de grafito, debido al elevado costo de las nanopartículas de grafito.



RECOMENDACIONES

PRIMERA, Este estudio sugiere el uso de equipos de protección individual para evitar la inhalación de partículas de grafito y las manchas producidas por la sustancia.

SEGUNDA, La nanotecnología debe seguir desarrollándose para crear una nueva visión tecnológica para la industria de la construcción.

TERCERA, Se recomienda realizar mayor investigación para el uso del grafito en altitudes mayores a 4000 msnm para identificar su beneficio.

CUARTA, Se recomienda ampliar mayor investigación en la adición de las nanopartículas de grafito con la finalidad de tener mayor confiabilidad en los procedimientos y resultados.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 211. (2011). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*. American Concrete Institute.
- Ahmad, F., & Qureshi, M. I. (2021). *EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF NANO GRAPHITE PLATELETS ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE WITH RECYCLED PLASTIC AGGREGATES*.
- Aïtcin, P. C. (2011). *Cement Chemistry*. Taylor & Francis.
- Alkhazaleh, A. H., Almanaseer, W., Ismail, M., Almashaqbeh, S., & Farid, M. M. (2022). Thermal and mechanical properties of cement based-composite phase change material of butyl stearate/isopropyl palmitate/expanded graphite for low temperature solar thermal applications. *Journal of Energy Storage (Q1)*, 50, 104547. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.104547>
- Arioz, O. (2007). Effects of elevated temperatures on properties of concrete. *Fire Safety Journal (Q1)*, 42(8), 516-522. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2007.01.003>
- Bustamante, C., Zuloaga, R., & Pari, J. (2016). Clima y temperatura de la región Puno. *Revista de Investigación Académica*, 1-10.
- Ccopa, H. (2017). EFECTO DEL GRAFENO COMO ADITIVO NANOTECNOLOGICO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO. *Universidad Nacional del Altiplano*, 141.
- Chávez, F., Yabar, L., & Carpio, J. (2018). Diseño y construcción de una estructura de concreto en la ciudad de Puno a una altura mayor a 3800 m.s.n.m. *Ingeniería & Desarrollo*, 42, 46-55.
- Chen, J.-H., Jang, C., Xiao, S., Ishigami, M., & Fuhrer, M. S. (2013). Intrinsic and extrinsic performance limits of graphene devices on SiO₂. *Nature Nanotechnology*, 206-209.
- Cui, X., Sun, S., Han, B., Yu, X., Ouyang, J., Zeng, S., & Ou, J. (2017). Mechanical, thermal and electromagnetic properties of nanographite platelets modified cementitious composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing (Q1)*, 93, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2016.11.017>



- Gopalakrishnan, M. M., & Chandrasekaran, B. S. (2013). Altitude effect on curing of concrete. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 2(6), 144-149.
- He, Y., Zhang, X., Zhang, Y., Song, Q., & Liao, X. (2016). Utilization of lauric acid-myristic acid/expanded graphite phase change materials to improve thermal properties of cement mortar. *Energy and Buildings (Q1)*, 133, 547-558. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.10.016>
- Jia, Z., Du, Y., & Zhang, J. (2018). Preparation and Properties of Graphene Oxide Modified Cementitious Composites. *Journal of Nanomaterials (Q2)*, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2018/3830979>.
- Khurana, R., & Khurana, S. (2018). Influence of altitude on mechanical properties of concrete. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(10), 585-594.
- Lamastra, F. R., Chougan, M., Marotta, E., Ciattini, S., Ghaffar, S. H., Caporali, S., Vivio, F., Montesperelli, G., Ianniruberto, U., Al-Kheetan, M. J., & Bianco, A. (2021). Toward a better understanding of multifunctional cement-based materials: The impact of graphite nanoplatelets (GNPs). *Ceramics International (Q1)*, 47(14), 20019-20031. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.04.012>
- Li, Z., Huang, R., Xi, H., Zhou, J., & Li, H. (2019). *Mechanical properties and durability of ultra-high performance concrete: A review*. 197, 413-431.
- Ling, T. C., Wan, C. W., & Poon, C. S. (2021). Effects of graphene and graphene oxide on the workability, compressive strength and durability of cementitious composites: A review. *Construction and Building Materials (Q1)*, 269, 121145. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121145>
- Liu, X. (2021). *Characteristics of Graphite and MnO₂ Enhanced Cement-Based Thermoelectric Composite for Low-Temperature Applications*.
- Mandal, S., & Singh, S. P. (2018). A review on properties of sustainable concrete using granite dust as replacement for river sand. *Journal of Cleaner Production (Q1)*, 198, 1241-1251. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.001>
- Mehta, P., K., Monteiro, & P., J. (2013). *Concrete: Microstructure, properties, and materials*. McGraw Hill.
- Mindess, S., Young, J., F., Darwin, & D. (2003). *Concrete*. Prentice Hall.



- Mittal, G., Mishra, S., & Mishra, A. (2017). Graphene and graphene oxide-based nanocomposites: A review on synthesis, characterization, and applications. *Journal of Applied Polymer Science*, 134(20).
- Mondal, P., Tippabhotla, S. K., Kulkarni, D., & Chakraborty, S. (2020). Nanotechnology-based sensors for concrete structures: A review. *Measurement*, 162, 278-295.
- MTC, M. de T. y C. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*.
- Mukharjee, B. B., Singh, & Roy, R. (2016). *Mechanical behaviour of concrete under different loading conditions*. Springer.
- Myint, L. (2019). *Concrete Properties and Mix Design*. Springer, Singapore.
- Neville. (1999). *Tecnología del concreto*. 622.
- Neville, & A.M. (2011). *Properties of concrete*. Pearson Education.
- Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. V., & Firsov, A. A. (2004). Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science*, 306(5696), 666-669.
- Ozaki e Silva, C. T., Silva, J. B. L. P. e, Lintz, R. C. C., & Gachet, L. A. (2023). Mortars with addition of powdered graphite: Mechanical and electrical properties. *Materials Today: Proceedings* (Q2). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.489>
- Pasquel, E. (1998). *TOPICOS DE TECNOLOGIA* (2.^a ed.). Colegio de Ingenieros del Peru. https://www.academia.edu/36925573/ENRIQUE_PASQUEL_CARBAJAL_TOPICOS_DE_TECNOLOGIA
- Ramachandran, V., S., Beaudoin, & J., J. (2001). *Handbook of analytical techniques in concrete science and technology: Principles, techniques and applications*. William Andrew.
- Sakr, K., Hassan, H., Soliman, M., & Shafiq. (2015). Effect of graphite addition on the properties of high performance concrete at high temperatures. *Construction and Building Materials* (Q1), 80-87.
- Sinha, K. P., & Bhattacharyya, S. S. (2001). Altitude effect on the behavior of fresh and hardened concrete. *Cement and concrete research*, 31(2), 199-202.



- Tirado Sánchez, C., Kharissova, O., & Kharisov, B. (2017). Materials for sustainable development: A review of some alternative materials to replace conventional materials. *Journal of Cleaner Production* (Q1), 1036-1055.
- Tufail, R. F., Naeem, M. H., Ahmad, J., Waheed, H., Majdi, A., Farooq, D., Maqsoom, A., & Butt, F. (2022). Evaluation of the fresh and mechanical properties of nano-engineered self compacting concrete containing graphite nano/micro platelets. *Case Studies in Construction Materials* (Q1), 17, e01165. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01165>
- Valencia Muñoz, O., Narváez Tovar, C., & Castaño Giraldo, C. (2020). Resistencia a la compresión de mezclas de concreto con cenizas volantes y aditivos. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 43(1), 57-63.
- Wang, Z.-R., Li, B., Liu, H.-B., Zhang, Y.-X., & Qin, X. (2020). Degradation characteristics of graphite tailings cement mortar subjected to freeze-thaw cycles. *Construction and Building Materials* (Q1), 234, 117422. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117422>
- Wu, J., Fang, C., Zhou, Y., Huang, D., & Liu, C. (2019). Effects of Graphene Oxide Nanoplatelets on the Microstructure and Durability of Cement-Based Materials. *Nanomaterials* (Q1), 9(5), 715. <https://doi.org/10.3390/nano9050715>
- Zhang, Y., Yang, J., Xu, J., Huang, L., Li, C., Zhang, H., & Wang, X. (2020). *Recent advances in self-cleaning and self-healing concrete: A review.* *Journal of Cleaner Production*.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	INDICES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿Cuál es la influencia de las nanopartículas de grafito en la resistencia, trabajabilidad y rentabilidad del concreto expuesto a bajas temperaturas de la ciudad de Juliaca?	Evaluar la influencia de las nanopartículas de grafito en la resistencia, trabajabilidad y rentabilidad del concreto expuesto a bajas temperaturas de la ciudad de Juliaca.	La incorporación de las nanopartículas de grafito mejora en la resistencia a la compresión, trabajabilidad y rentabilidad del concreto para zonas de bajas temperaturas.	INDEPENDIENTE Dosificación de las nanopartículas de grafito. DEPENDIENTE Resistencia a la compresión, trabajabilidad del concreto y rentabilidad.	Dosificación de grafito. % a emplear (1, 3 y 5) del peso del cemento	Porcentaje (%)	Método: Deductivo Enfoque: Cuantitativo Nivel: Explicativo	Muestra: Volumen Población: Concreto fabricado con adición de nanopartículas de grafito para zonas de bajas temperaturas de la cantera procedente de Isla.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVO ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS		INDICADORES	INDICES	DISEÑO	TECNICAS E INSTRUMENTOS
1. ¿Cómo influye el porcentaje de nanopartículas de grafito en el comportamiento mecánico de la resistencia a la compresión del concreto? 2. ¿Cómo influye la adición de nanopartículas de grafito en la trabajabilidad de la mezcla? 3. ¿En cuánto difiere la rentabilidad del concreto con la adición nanopartículas de grafito frente a un concreto tradicional referente a costos y resistencia?	1. Determinar la influencia del porcentaje de nanopartículas de grafito en el comportamiento mecánico de la resistencia a la compresión del concreto. 2. Experimentar la adición de nanopartículas de grafito en la trabajabilidad de la mezcla. 3. Identificar la rentabilidad del concreto con la adición nanopartículas de grafito frente a un concreto tradicional.	1. La influencia del porcentaje de nanopartículas de grafito mejora el comportamiento mecánico de la resistencia a la compresión del concreto con una adición del 5% de grafito. 2. La adición de nanopartículas de grafito disminuye el asentamiento reduciendo la trabajabilidad de la mezcla. 3. El concreto dosificado con nanopartículas de grafito resulta ser la opción más rentable con mejor resistencia a la compresión y costo de la dotación de nanopartículas de grafito.		Dosificación de grafito % a emplear (1, 3 y 5) del peso del cemento Ensayo para resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días. (ASTM C-39) Dosificación de grafito % a emplear (1, 3 y 5) del peso del cemento. Método de "SLUMP" cono de Abrams (ASTM C-143)	Porcentaje (%) Pascal (Pa) o Kg/cm ² Porcentaje (%) Altura (cm)	Diseño: Cuasiexperimental	(ASTM C-39) Prueba de compresión - Máquina de ensayo de compresión (ASTM C-143) Prueba de asentamiento - Cono de Abrams

Fuente: Elaboración propia



GRAFITO

HOJA TÉCNICA

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Producto de gran calidad con un alto porcentaje de carbón fijo. Se utiliza en sistema de puesta a tierra, en la fabricación de lápices, electrodos, etc. su uso es principalmente para las industrias de la construcción y eléctricas.

- Apariencia : Polvo
- Color : Oscuro, negro

ANÁLISIS INMEDIATO

	Método	Típico	Rango	Unidad
CARBÓN FIJO	LAB-PR-034	70.23	65.0 a 75.0	%
CENIZAS	LAB-PR-034	26.92	20.0 a 32.0	%
VOLÁTILES	LAB-PR-034	2.24	1.0 a 3.5	%
HUMEDAD	LAB-PR-034	0.61	0.1 a 1.5	%

PROPIEDADES FÍSICAS

	Método	Típico	Rango	Unidad
Residuo en Tamiz N° 325 (45 µm)	LAB-PR-018	7.57	15.00 max	%

ALMACENAJE

- Almacenar en lugares frescos y secos, para garantizar el rendimiento y propiedades del producto.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

TESIS : INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

SOLICITANTE : Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

MUESTRA : GRAVA - ARENA

FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2024

MUESTRA : ARENA	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	315.10
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	294.80
PESO DEL TARRO (gr.)	35.60
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	279.50
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	259.20
PESO DEL AGUA (gr.)	20.30
% HUMEDAD	7.83

MUESTRA : GRAVA	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	426.90
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	418.40
PESO DEL TARRO (gr.)	49.50
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	377.40
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	368.90
PESO DEL AGUA (gr.)	8.50
% HUMEDAD	2.30

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

MGR. ARNALDO YANATORRES
CIP: 103257

B. N° 006-00297149



TESIS : INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA
SOLICITANTE : Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA
CANTERA : ISLA
LUGAR : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17 - SECTOR ISLA
FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2024

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

ARENA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Pícnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>484.88</u>
N° 4	5.23	1.05	1.05	98.95	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>500.00</u>
N° 8	71.10	14.22	15.27	84.73	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.35</u>
N° 16	82.15	16.43	31.70	68.30	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1615.82</u>
N° 30	103.18	20.64	52.33	47.67	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	145.17	29.03	81.37	18.63	Wc+B =	<u>1813</u> Wc+B-W = <u>198</u>
N° 100	73.15	14.63	96.00	4.00	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{500.00}{1615.82 - 1313.35} = \underline{2.53} \text{ gr/cm}^3$
N° 200	14.02	2.80	98.80	1.20	ABSORCIÓN	
FONDO	6.00	1.20	100.00	0.00	B =	<u>500.00</u> B-A = <u>15.12</u>
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{15.12 \times 100}{484.88} = \underline{3.12} \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MODULO DE FINEZA			2.78			

GRAVA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Pícnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>783.54</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>800.00</u>
1"	0	0.00	0.00	100.00	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.35</u>
3/4"	23	0.58	0.58	99.43	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1794.08</u>
1/2"	285	7.13	7.70	92.30	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	1398	34.95	42.65	57.35	Wc+B =	<u>2113</u> Wc+B-W = <u>319</u>
1/4"	1794	44.85	87.50	12.50	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{800.00}{1794.08 - 1313.35} = \underline{2.51} \text{ gr/cm}^3$
FONDO	0.00	0.00	87.50	12.50	ABSORCIÓN	
SUMA	3500.00	87.50			B =	<u>800.00</u> B-A = <u>16.46</u>
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
					Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{16.46 \times 100}{783.54} = \underline{2.10} \%$

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 M^g. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297149



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

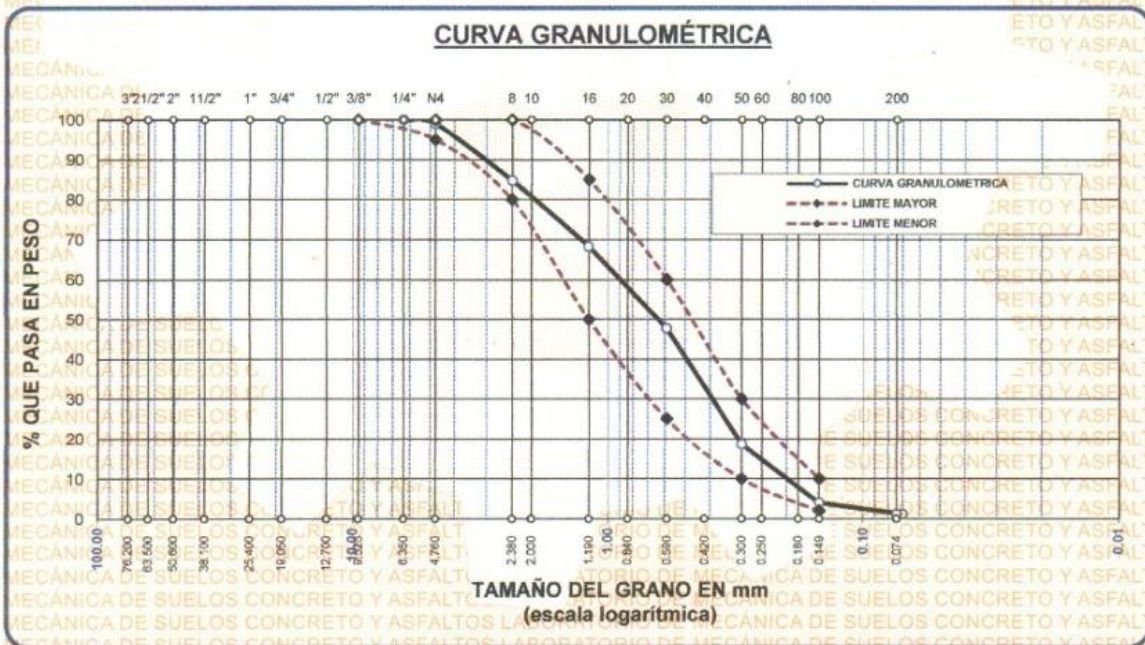
TESIS : INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

SOLICITANTE : Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

MUESTRA : ARENA

FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00		
No4	4.760	5.23	1.05	1.05	98.95	95 - 100 %	Módulo de Finezza = 2.78
No8	2.380	71.10	14.22	15.27	84.73	80 - 100 %	
No10	2.000						
No16	1.190	82.15	16.43	31.70	68.30	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	103.18	20.64	52.33	47.67	25 - 60 %	
No40	0.420						
No 50	0.300	145.17	29.03	81.37	18.63	10 - 30 %	OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	73.15	14.63	96.00	4.00	2-10%	
No200	0.074	14.02	2.80	98.80	1.20		
BASE		6.00	1.20	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		1.20					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297149



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

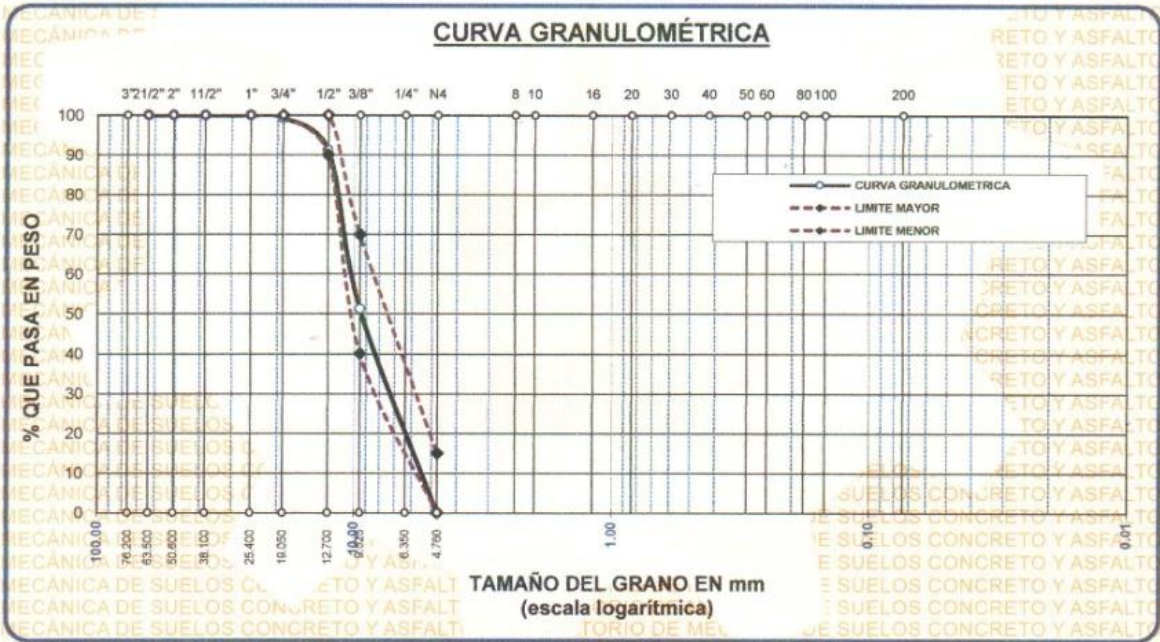
TESIS : INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

SOLICITANTE : Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

MUESTRA : GRAVA

FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4" OBSERVACIONES:
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050	23.00	0.66	0.66	99.34	100 %	
1/2"	12.700	285.00	8.14	8.80	91.20	90 - 100 %	
3/8"	9.525	1398.00	39.94	48.74	51.26	40 - 70 %	
1/4"	6.350						
No4	4.760	1794.00	51.26	100.00	0.00	0 - 15 %	
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICF
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. ARNALDO YANA TORRES
 CIF: 103257

B. N° 006-00297149



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TESIS: INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD

DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

SOLICITANTE: Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

MUESTRA: ARENA

FECHA: 23 DE JUNIO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5960 gr	5960 gr	5960 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9179.00 gr	9207.00 gr	9193.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3219.00 gr	3247.00 gr	3233.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.533 gr/cm ³	1.547 gr/cm ³	1.540 gr/cm ³
PROMEDIO	1.540 gr/cm ³		

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5960 gr	5960 gr	5960 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9389.00 gr	9401.00 gr	9412.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3429.00 gr	3441.00 gr	3452.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.633 gr/cm ³	1.639 gr/cm ³	1.644 gr/cm ³
PROMEDIO	1.639 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297149



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TESIS : INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD
 DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

SOLICITANTE : Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

MUESTRA : GRAVA

FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7945 gr	7945 gr	7945 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	12759.00 gr	12770.00 gr	12765.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4814.00 gr	4825.00 gr	4820.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.482 gr/cm ³	1.485 gr/cm ³	1.483 gr/cm ³
PROMEDIO		1.483 gr/cm ³	

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7945 gr	7945 gr	7945 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	13065.00 gr	13076.00 gr	13059.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5120.00 gr	5131.00 gr	5114.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.576 gr/cm ³	1.579 gr/cm ³	1.574 gr/cm ³
PROMEDIO		1.576 gr/cm ³	

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. ARNALDO YANATORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297149



DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$

TESIS : INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

SOLICITANTE : Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

CANTERA : ISLA

UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - ISLA km 17 - SECTOR ISLA

FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2024

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74

ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días entonces la resistencia promedio $F'cr = 294 \text{ Kg./cm.}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: $3/4"$ (19.05mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.51	2.53
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1576	1639
P.U. Suelto	1483	1540
% de Absorción	2.10	3.12
% de Humedad Natural	2.30	7.83
Modulo de Fineza	-	2.78

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal $3/4"$ (19.05mm)
- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 205 Lt/m^3
- Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.0%
- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.56
- De acuerdo a la información obtenida en los items 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.56) = 367 \text{ Kg/m}^3$$



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANATORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297149



7. De acuerdo al módulo de finza del agregado fino = 2.78 el peso específico unitario del agregado grueso varillado compactado de 1576 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.552 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.5523) * (1576) = 871 \text{ Kg/m}^3$$

8. Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0.205 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (367) / (2.88 * 1000) = 0.128 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (871) / (2.51 * 1000) = 0.347 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.700 \\ \text{Volumen absoluto de arena} &= (1.000 - 0.700) = 0.300 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Por tanto el peso requerido de arena seca será de: = (1.000 - 0.700) = 0.300 m³

$$(0.300) * (2.53) * 1000 = 759 \text{ Kg/m}^3$$

9. De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo} &= (871) * (1.023041) = 891 \text{ Kg.} \\ \text{Agregado Fino húmedo} &= (759) * (1.0783) = 819 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

10. El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$205 - 871 * \left(\frac{2.30 - 2.1}{100} \right) - 759 * \left(\frac{7.83 - 3.12}{100} \right) = 167$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	367	1.00	367	1.00
Agua	205	0.558	167	0.46
Agreg. Grueso	871	2.37	891	2.42
Agreg. Fino	759	2.07	819	2.23
Aire	2.0 %		2.0 %	

8.64 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	94.73 Kg.
Agregado grueso húmedo	103.03 Kg.
Agua efectiva	19.37 Kg.



UANCV - FICP

CAP INGENIERIA CIVIL

Mtro. ARNALDO YANA TORRES

CIP 103257

B. N° 006-00297149



DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

1.0 Bolsa de Cemento:		Redondeo	
2.17	p3 de Arena	2.2	p3 de Arena
2.45	p3 de Grava	2.5	p3 de Grava
19	Lt de Agua	19	Lt de Agua

RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.

* Se debera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297149



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS: INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

SOLICITANTE: Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

MUESTRA: CON ADICIÓN DE 5% DE GRAFITO

LUGAR: CIUDAD DE JULIACA

FECHA: 26 DE JULIO DEL 2024

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 5% DE GRAFITO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-1	27400.00	15.04	176.6	155.13	210	28/06/2024	5/07/2024	7	73.87%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-2	28060.00	15.02	176.6	158.86	210	28/06/2024	5/07/2024	7	75.65%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-3	27850.00	15.06	176.6	157.67	210	28/06/2024	5/07/2024	7	75.08%
PROMEDIO kg/cm ²					157.22	PROMEDIO				74.87%

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 5% DE GRAFITO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	35270.00	15.03	176.6	199.68	210	28/06/2024	12/07/2024	14	95.09%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-2	34410.00	15.05	176.6	194.81	210	28/06/2024	12/07/2024	14	92.77%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-3	35880.00	15.05	176.6	203.14	210	28/06/2024	12/07/2024	14	96.73%
PROMEDIO kg/cm ²					199.21	PROMEDIO				94.86%

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 5% DE GRAFITO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm M-1	39750.00	15.07	176.6	225.05	210	28/06/2024	26/07/2024	28	107.17%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-2	39170.00	15.04	176.6	221.76	210	28/06/2024	26/07/2024	28	105.60%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-3	40140.00	15.05	176.6	227.25	210	28/06/2024	26/07/2024	28	108.22%
PROMEDIO kg/cm ²					224.69	PROMEDIO				106.99%

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 Mgr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297149



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD

DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

SOLICITANTE : Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

MUESTRA : CON ADICIÓN DE 3% DE GRAFITO.

LUGAR : CIUDAD DE JULIACA

FECHA : 26 DE JULIO DEL 2024

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 3% DE GRAFITO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	29400.00	15.03	176.6	166.45	210	28/06/2024	5/07/2024	7	79.26%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-2	28060.00	15.05	176.6	158.86	210	28/06/2024	5/07/2024	7	75.65%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-3	27850.00	15.02	176.6	157.67	210	28/06/2024	5/07/2024	7	75.08%
PROMEDIO kg/cm ²					161.00	PROMEDIO				76.66%

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 3% DE GRAFITO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-1	35670.00	15.04	176.6	201.95	210	28/06/2024	12/07/2024	14	96.17%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-2	36860.00	15.01	176.6	208.68	210	28/06/2024	12/07/2024	14	99.37%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-3	36880.00	15.05	176.6	208.80	210	28/06/2024	12/07/2024	14	99.43%
PROMEDIO kg/cm ²					206.48	PROMEDIO				98.32%

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 3% DE GRAFITO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	42140.00	15.03	176.6	238.58	210	28/06/2024	26/07/2024	28	113.61%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm M-2	40190.00	15.07	176.6	227.54	210	28/06/2024	26/07/2024	28	108.35%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-3	40490.00	15.04	176.6	229.24	210	28/06/2024	26/07/2024	28	109.16%
PROMEDIO kg/cm ²					231.78	PROMEDIO				110.37%

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANATORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297149



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD

DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

SOLICITANTE : Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

MUESTRA : CON ADICIÓN DE 1% DE GRAFITO

LUGAR : CIUDAD DE JULIACA

FECHA : 26 DE JULIO DEL 2024

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 1% DE GRAFITO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-1	29900.00	15.06	176.6	169.28	210	28/06/2024	5/07/2024	7	80.61%	
2	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-2	28060.00	15.04	176.6	158.86	210	28/06/2024	5/07/2024	7	75.65%	
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-3	29550.00	15.05	176.6	167.30	210	28/06/2024	5/07/2024	7	79.67%	
					PROMEDIO kg/cm ²	165.15				PROMEDIO	78.64%

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 1% DE GRAFITO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-1	36110.00	15.02	176.6	204.44	210	28/06/2024	12/07/2024	14	97.35%	
2	PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm M-2	37880.00	15.07	176.6	214.46	210	28/06/2024	12/07/2024	14	102.12%	
3	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-3	36520.00	15.03	176.6	206.76	210	28/06/2024	12/07/2024	14	98.46%	
					PROMEDIO kg/cm ²	208.55				PROMEDIO	99.31%

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 1% DE GRAFITO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-1	42320.00	15.05	176.6	239.60	210	28/06/2024	26/07/2024	28	114.09%	
2	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-2	41480.00	15.01	176.6	234.84	210	28/06/2024	26/07/2024	28	111.83%	
3	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-3	41790.00	15.03	176.6	236.60	210	28/06/2024	26/07/2024	28	112.66%	
					PROMEDIO kg/cm ²	237.01				PROMEDIO	112.86%

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIF 103257

B. N° 006-00297149



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS : INFLUENCIA DE NANOPARTICULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD
DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

SOLICITANTE : Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

MUESTRA : PATRÓN

LUGAR : CIUDAD DE JULIACA

FECHA : 26 DE JULIO DEL 2024

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA PATRÓN

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M-1	27920.00	15.00	176.6	158.07	210	28/06/2024	5/07/2024	7	75.27%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-2	26800.00	15.06	176.6	151.73	210	28/06/2024	5/07/2024	7	72.25%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-3	27470.00	15.04	176.6	155.52	210	28/06/2024	5/07/2024	7	74.06%
PROMEDIO kg/cm ²					155.11	PROMEDIO				73.86%

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA PATRÓN

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-1	35160.00	15.04	176.6	199.06	210	28/06/2024	12/07/2024	14	94.79%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-2	34970.00	15.06	176.6	197.98	210	28/06/2024	12/07/2024	14	94.28%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-3	35770.00	15.06	176.6	202.51	210	28/06/2024	12/07/2024	14	96.44%
PROMEDIO kg/cm ²					199.85	PROMEDIO				95.17%

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	40050.00	15.03	176.6	226.75	210	28/06/2024	26/07/2024	28	107.97%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-2	39780.00	15.05	176.6	225.22	210	28/06/2024	26/07/2024	28	107.25%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-3	38400.00	15.01	176.6	217.40	210	28/06/2024	26/07/2024	28	103.53%
PROMEDIO kg/cm ²					223.12	PROMEDIO				106.25%

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
OIP. 103257

B. N° 006-00297149



ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)

TESIS : INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA

SOLICITANTE : Bach. VIANEY YARA HUANCA MULLISACA

MUESTRA : CON 0%, 1%, 3%, 5% DE GRAFITO

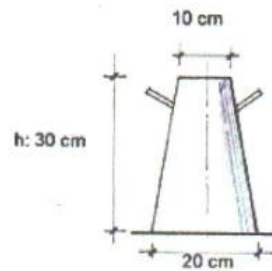
LUGAR : DISTRITO DE JULIACA

FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2023

PROCESO DEL ENSAYO	
CAPAS	N° DE GOLPES
1	25
2	25
3	25

CONSISTENCIA EN CONO		
CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO (pulg)	
SECA	0	2"
PLÁSTICA	2"	4"
FLUIDA	≥	5"

DIMENSIONES DEL MOLDE



N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			CONSISTENCIA PLÁSTICA		
1	23/06/2024	PATRÓN	SLUMP (cm)	8.90	15°
2	23/06/2024		SLUMP (cm)	8.70	15°
3	23/06/2024		SLUMP (cm)	9.10	15°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			CONSISTENCIA PLÁSTICA		
1	23/06/2024	CON 3% DE GRAFITO	SLUMP (cm)	7.90	17.5°
2	23/06/2024		SLUMP (cm)	7.30	18°
3	23/06/2024		SLUMP (cm)	7.50	18°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			CONSISTENCIA PLÁSTICA		
1	23/06/2024	CON 1% DE GRAFITO	SLUMP (cm)	8.10	17°
2	23/06/2024		SLUMP (cm)	8.50	17°
3	23/06/2024		SLUMP (cm)	8.30	17°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			CONSISTENCIA PLÁSTICA		
1	23/06/2024	CON 5% DE GRAFITO	SLUMP (cm)	6.50	16°
2	23/06/2024		SLUMP (cm)	6.70	16°
3	23/06/2024		SLUMP (cm)	6.00	16.5°

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON REALIZADAS POR EL SOLICITANTE



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 09 de abril del 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: VIDNEY YARA HUANCA MULLISACA

Dirección: JR. MARCAUDUE S/N

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76064127

Teléfono: 934080325 email: yarahuanca Mullisaca@gmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: MGR. FRITZ WILLY MAMANI SPAZA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: "INFLUENCIA DE NANOPARTÍCULAS DE GRAFITO EN RESISTENCIA TRABAJABILIDAD Y RENTABILIDAD DEL CONCRETO EXPUESTO A BAJAS TEMPERATURAS JULIACA"

Palabras claves, (3 a 5 términos): GRAFITO, CONCRETO, RESISTENCIA, COMPRESION, TRABAJABILIDAD

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Titulo 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

09 de Abril del 2025

Fecha