TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO : Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO : Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ASESOR DE TESIS : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1849-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente **N° 2024- 17441** presentado por el (la) Bachiller: **GIOVANI RAUL SOTO QUISPE** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÒN DE JURADOS Y PROGRAMACIÒN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÒN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **GIOVANI RAUL SOTO QUISPE,** quien solicita **NOMINACIÒN DE JURADOS Y PROGRAMACIÒN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÒN** de la Tesis Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO,** la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, 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 y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- **2do Miembro** : Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ARTICULO SEGUNDO. – **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

ARTICULO TERCERO . – **APROBAR,** la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **GIOVANI RAUL SOTO QUISPE;** del informe final de la investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.** de acuerdo al siguiente detalle:

- **FECHA** : Jueves 26 de diciembre del 2024
- **HORA** : 10:00 horas
- **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- **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.

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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ DIRECTOR

Dr. Efraín Pareja Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1431-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 15091 por el señor (a): **GIOVANI RAUL SOTO QUISPE** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – N° 1226- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 246 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **GIOVANI RAUL SOTO QUISPE,** ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO,** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 246 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO,** Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, 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 y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS),** para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN,** presentado por el señor (a): **GIOVANI RAUL SOTO QUISPE,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN,** en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la), **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

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.

DECANO
C.P. 67750

Dr. Eleuterio Yanqui Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 179-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-01917, presentado por el señor (a) **GIOVANI RAUL SOTO QUISPE** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO – N° 144 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 67 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y titulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: **GIOVANI RAUL SOTO QUISPE** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO,** para optar el Titulo Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Titulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 67 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO.**

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, 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 y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **GIOVANI RAUL SOTO QUISPE,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.**

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

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.

Registrese, Comuniquese, Archívese.

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47750

Dr. Efraín Pacilla Soto
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GIOVANI RAUL SOTO QUISPE

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UT…

Trabajos de investigación para Repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::13016:619365950

Fecha de entrega
1 sept 2026, 16:25 GMT-5

Fecha de descarga
1 sept 2026, 16:37 GMT-5

Nombre del archivo
T036_47080884_T ….pdf

Tamaño del archivo
3.6 MB

129 páginas

23.851 palabras

136.005 caracteres

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

21% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas

Fuentes principales

9%	Fuentes de Internet
1%	Publicaciones
20%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	GIOVANI RAUL SOTO QUISPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47080884
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-9294-6781
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
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	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01316765

Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la construcción – **P17**
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Carabaya Distrito: Crucero Latitud: S 14° 21' 42" *Longitud: O 70° 01' 25"*  **https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1F-ZWtS_Lk7IKfp9PI4Sae2F5Iq6SGTI&usp=sharing**
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2024 - diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html	**Ingeniería civil** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 **Ingeniería de la construcción** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03

DIRECTOR
Dr. Fritz Wilcy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo GIOVANI RAUL SOTO QUISPE, identificado con DNI Nro. 47080884, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL,

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

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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 suyas 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 30 de diciembre del 2024

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)

Huella

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

DEDICATORIA

Con inmenso amor para los seres que mas amo en este mundo : mi esposa , mis hijas por que ellas son el motor para seguir adelante y poder culminar exitosamente esta etapa de mi vida , que me permite obtener el titulo profesional de ingeniero civil .

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

AGRADECIMIENTO

A mis académicos del departamento de Ingeniería Civil, quienes, con su dedicación y compromiso, han sembrado en mí el conocimiento y las habilidades que hoy me permiten culminar esta etapa.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA i
AGRADECIMIENTO ii
ÍNDICE GENERAL iii
ÍNDICE DE TABLAS vi
ÍNDICE DE FIGURAS vii
RESUMEN viii
ABSTRACT ix
INTRODUCCIÓN x

CAPÍTULO I
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática 1
1.2 Planteamiento del problema 2
1.2.1 Problema general 2
1.2.2 Problemas específicos 2
1.3 Objetivos de la investigación 3
1.3.1 Objetivo general 3
1.3.2 Objetivos específicos 3
1.4 Justificación de la investigación 3
1.4.1 Justificación técnica 3
1.4.2 Justificación económica 4
1.4.3 Justificación social 4
1.4.4 Justificación ambiental 5
1.5 Hipótesis de la investigación 5
1.5.1 Hipótesis general 5
1.5.2 Hipótesis específicas 5
1.6 Variables 6
1.6.1 Variable independiente 6
1.6.2 Variable dependiente 6
1.7 Operacionalización de variables 7

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación 8
2.1.1
2.1.2

Antecedentes internacionales 8
Antecedentes nacionales 9
2.1.3 Antecedentes regionales 11
2.2 Marco teórico 12
2.2.1 Nanosílice 12
2.2.2 Concreto 18
2.3 Marco conceptual 33

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación 35
3.2 Métodos de la investigación 36
3.3 Nivel y tipo de investigación 36
3.3.1 Tipo de la investigación 36
3.3.2 Nivel de la investigación 37
3.4 Población y muestra de la investigación 37
3.4.1 Población 37
3.4.2 Muestra 38
3.5 Técnicas e instrumentos 38
3.5.1 Técnicas 38
3.5.2 Instrumentos 40
3.6 Validación y confiabilidad del instrumento 41
3.6.1 Validación 41
3.6.2 Confiabilidad 42
3.7 Procedimiento de recolección de datos 42
3.7.1 Ensayos en laboratorio 43
3.8 Procesamiento y análisis de datos 52

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados 53
4.1.1 Análisis el efecto del nanosílice en dosificaciones variables 59
4.1.2 Evaluación de la incorporación de nanosílice en la resistencia a compresión 61
4.1.3 Efecto de la incorporación de nanosílice en la resistencia a flexión 71
4.2 Discusión de resultados 79
CONCLUSIONES 82

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

RECOMENDACIONES **83**
BIBLIOGRAFÍA **84**
ANEXO **87**
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 7

Tabla 2 Humedad 53

Tabla 3 Absorción y peso específico del agregado 54

Tabla 4 Pesos unitarios.....54

Tabla 5 Distribución granulométrica del agregado grueso 55

Tabla 6 Composición granulométrica-agregado fino 56

Tabla 7 Mezcla de componentes para concreto 57

Tabla 8 Mezcla según las diferentes muestras 59

Tabla 9 Asentamiento de la mezcla tradicional y las mezclas con desecho de cerámico59

Tabla 10 Compresión simple del concreto común y con nanosílice -7días 61

Tabla 11 Compresión simple del concreto común y con nanosílice -14días 63

Tabla 12 Compresión simple del concreto común y con nanosílice -28días 65

Tabla 13 Comparativa de compresión simple con nanosílice 67

Tabla 14 Comparativa de compresión simple en porcentajes 69

Tabla 15 Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice-7días 71

Tabla 16 Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice -14días 73

Tabla 17 Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice -28días 75

Tabla 18 Comparativa de esfuerzo a flexión simple con nanosílice.....77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de cemento 21

Figura 2 Slump 28

Figura 3 Rotura a flexión 33

Figura 4 Distribución granulométrica del agregado grueso 55

Figura 5 Composición granulométrica-agregado fino 56

Figura 6 Proporciones del diseño de mezcla 58

Figura 7 Asentamiento de la mezcla tradicional y las mezclas con Nano sílice 60

Figura 8 Compresión simple del concreto común y con nanosílice-7días 62

Figura 9 Compresión simple del concreto común y con nanosílice-14días 64

Figura 10 Compresión simple del concreto común y con adición nanosílice 28 días 66

Figura 11 Comparativa de compresión simple con nanosílice 68

Figura 12 Comparativa de compresión simple en porcentajes 70

Figura 13 Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice -7días 72

Figura 14 Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice-14días 74

Figura 15 Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice -28días 76

Figura 16 Comparativa de esfuerzo a flexión simple con nanosílice 78

RESUMEN

Este estudio, denominado "Influencia de la adición de nanosílice en las propiedades del hormigón en estado endurecido utilizando agregados de la cantera del distrito de Crucero de la provincia de Carabaya, región Puno", examinó el efecto de la adición de nanosílice en diversas proporciones sobre las características mecánicas y la manejabilidad del hormigón. El estudio empleó un diseño experimental con el objetivo de evaluar las propiedades del concreto a intervalos de 7, 14 y 28 días. Los hallazgos indicaron que la capacidad de trabajo del hormigón de referencia fue de 3.74 pulgadas, manteniéndose constante con el 3% y 5% de nanosílice (3.73 pulgadas). No obstante, con dosificaciones de 7% y 10%, se observó una reducción en la trabajabilidad a 3.72 pulgadas, atribuible a la cohesión aumentada por la nanosílice. Respecto a la resistencia a la compresión, el hormigón patrón alcanzó una resistencia de 215.07 kgf/cm2 a los 28 días. Con una resistencia máxima de 243.02 kgf/cm2, se alcanzó un incremento del 13% en comparación con el diseño control. Sin embargo, concentraciones elevadas de nanosílice, tales como el 7% y el 10%, disminuyeron la resistencia a 239.27 kgf/cm2, posiblemente atribuible a la saturación y la aglomeración de partículas. En términos de resistencia a flexión, el hormigón patrón logró una resistencia máxima de 32.23 kgf/cm2, mientras que con un 5% de nanosílice, se alcanzó una resistencia máxima de 41.35 kgf/cm2, lo que representó una mejora del 28%. Las concentraciones elevadas, tales como el 7% y el 10%, condujeron a resistencias inferiores a 36.52 kgf/cm2 y 40.11 kgf/cm2. Para concluir, la dosificación óptima de nanosílice para optimizar las propiedades mecánicas y preservar una buena trabajabilidad es el 5%, estableciendo así a este material como un aditivo eficiente en concretos de alto rendimiento.

Palabras Clave: Nanosílice, flexión, concreto y propiedades.

ABSTRACT

This study, entitled "Influence of the Addition of Nanosilica on the Properties of Hardened Concrete Using Aggregates from the Crucero District Quarry in the Carabaya Province, Puno Region," examined the effect of adding nanosilica in various proportions on the mechanical characteristics and workability of concrete. The study employed an experimental design to evaluate concrete properties at intervals of 7, 14, and 28 days. The findings indicated that the workability of the reference concrete was 3.74 in, remaining constant at 3% and 5% nanosilica (3.73 in). However, at dosages of 7% and 10%, a reduction in workability was observed to 3.72 in, attributable to the increased cohesion caused by the nanosilica. Regarding compressive strength, the standard concrete reached a strength of 215.07 kgf/cm2 at 28 days. With a maximum strength of 243.02 kgf/cm2, a 13% increase was achieved compared to the control design. However, high concentrations of nanosilica, such as 7% and 10%, decreased the strength to 239.27 kgf/cm2, possibly attributable to particle saturation and agglomeration. In terms of flexural strength, the standard concrete achieved a maximum strength of 32.23 kgf/cm2, while with 5% nanosilica, a maximum strength of 41.35 kgf/cm2 was achieved, representing a 28% improvement. High concentrations, such as 7% and 10%, led to lower strengths of 36.52 kgf/cm2 and 40.11 kgf/cm2. In conclusion, the optimal dosage of nanosilica to optimize mechanical properties and maintain good workability is 5%, thus establishing this material as an efficient additive in high-performance concrete.

Keywords: Nanosilica, flexure, concrete and properties.

INTRODUCCIÓN

El concreto, reconocido por su resistencia y versatilidad, este es un material empleado en al ámbito global. Esto quiere decir que, la producción de esta clase de materiales está asociada a porcentajes elevados de recursos naturales y un importante impacto medioambiental. Esto ha llevado a la aparición de investigaciones que giran en torno a la incorporación de nuevos materiales que no solo mejoran las propiedades mecánicas de este tipo de materiales, sino que también proporcionan mayores niveles de sostenibilidad medioambiental. En este sentido, la inclusión de aditivos de avanzada, como la nanosílice, ha llamado la atención de investigadores interesados en su capacidad de generar una modificación en las características mecánicas y estructurales del concreto en estado endurecido.

El nanosílice puede ser, un material con propiedades físico-químicas singulares ofrece las posibilidades de optimización de propiedades del concreto, concretándose, entre otros parámetros, como es el esfuerzo a la compresión, las durabilidades o el comportamiento bajo cargas. Por su uso se puede lograr la reducción del uso de cemento, atenuando así la liberación de CO2, dado que su producción se asocia a estas emisiones y al mismo tiempo se puede tener un uso adecuado de los recursos, lo que conlleva beneficios tecnológicos y medioambientales. Investigaciones previas han determinado que la inclusión de nanosílice en proporciones controladas puede provocar variaciones en la microestructura del concreto, aumentando su densidad y disminuyendo sus poros.

Este trabajo de investigación tiene como finalidad el estudiar en qué medida la incorporación de nanosílice modula las características del concreto hidráulico en el proceso de fraguado, empleando los materiales pétreos de la cantera del distrito de Crucero, provincia de Carabaya, región Puno. La intención de esta investigación es la de determinar en qué medida el aditivo modula características fundamentales, tales como son las trabajabilidades, las resistencias a la compresión, las durabilidades, etc.; además de

analizar y estudiar la posibilidad técnica y económica de la utilización de este aditivo en la zona.

Capítulo I: En este contenido, se empiezan a exponer las bases del trabajo. Con el mismo objetivo, definimos las variables principales, tanto el objetivo general como los específicos y justificamos la pertinencia de la investigación priorizando la necesidad de considerar los impactos de la nanosílice en un contexto local. También proponemos las hipótesis que van a servir de denominador común que orientará el trabajo del análisis y presentaremos un marco conceptual bien definido y explícito.

Capítulo II: se tiene la redacción del marco teórico a partir de un análisis exhaustivo de trabajos anteriores. Para desembocar en el estudio correspondiente, se revisan las investigaciones más relevantes que estudian el uso de nanosilica así como los efectos que tiene sobre las características mecánicas del concreto. Se definen cada uno de los vacíos de conocimiento existentes que se espera cubrir con el presente trabajo, como se destaca que la aportación del trabajo estudiado será un aporte importante para el desarrollo de la tecnología del concreto.

Capitulo III: en este capítulo se redactan de forma detallada las metodologías que se han empleado para llevar a cabo el presente trabajo. Ello incluye la elección de las muestras, el procedimiento de diseño de mezclas con varias proporciones de nanosílice, los ensayos para evaluar las propiedades mecánicas y físicas del concreto hidráulico, así como el procedimiento para evaluar los resultados. La claridad con la que se describen toda técnica e instrumento empleada permiten garantizar la reproducción de los datos finales, así como la validación de estos.

Capítulo IV. Resultados obtenidos del estudio en tablas y gráficos que faciliten la interpretación de los mismos. Análisis crítico con trabajos previos: convergencias, diferencias e innovaciones del presente trabajo. Así pues, este análisis va a permitir implicar los resultados de este trabajo en un contexto más amplio y determinar la relevancia de los mismos en el sector de la construcción.

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Estas estrategias integrales no solo permitirán determinar el efecto de la nanosílice en las características del concreto, sino que también se indagará acerca de su posible uso en busca de mejorías de las buenas prácticas en el área de construcción en la región de Puno, contribuyendo a un desarrollo más sostenible.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

En el área de la construcción global tiene que afrontar importantes retos en relación a los efectos medioambientales que implica la actividad de la construcción. La industria del cemento, componente principal en la obtención del hormigón, representa casi un porcentaje de 7% con respecto al dióxido de carbono (CO_2), esto según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Este escenario ha propiciado la búsqueda de soluciones sostenibles, está buscando soluciones sostenibles, incluyendo el uso de productos químicos avanzados que permiten mejorar las propiedades del hormigón y a la vez minimizar su huella ecológica. La nanosílice se ha convertido en alternativa viable merced a sus capacidades para el mejoramiento de las microestructuras del concreto, lo que a su vez contribuye a incrementar la resistencia y durabilidad aprobando su uso en las reducciones de emisiones de carbono y en la aplicación de materiales pétreos no renovables. (Alvansaz et al., 2022)

Contexto nacional: La construcción en Perú ha crecido de forma continua durante las últimas dos décadas por los proyectos de infraestructura del gobierno, pero también por privados. Este crecimiento de la actividad constructiva ha propiciado el mayor extractivismo de áridos naturales y un mayor uso de la industria del cemento, surgiendo inquietudes relacionadas con

su sostenibilidad. Además, el territorio peruano presenta muchas dificultades con la integridad de la estructura de los edificios debido a condiciones climáticas y geográficas. El empleo de nanosílice en el hormigón es una alternativa que ayuda con la mejoría de las características mecánicas del material, así como a disminuir un impacto ambiental de la práctica constructiva. No obstante, esta alternativa, el uso de este aditivo en la industria peruana es limitado debido a las faltas de investigaciones locales que puedan validar su viabilidad técnica y económica. (Rondo Rojas, 2021)

En la zona de Puno, concretamente en el distrito de Crucero, provincia de Carabaya, la construcción depende principalmente de materiales de producción local adquiridos en canteras adyacentes. Sin embargo, estas infraestructuras suelen presentar problemas de durabilidad y resiliencia debido a las calidades inferior de cada material empleado y a la falta de avances tecnológicos en su producción. Además, las condiciones climáticas extremas de la región requieren las adecuaciones necesarias para mejorar un desempeño de concreto en estos entornos. Actualmente, no existe suficiente investigación que evalúe el impacto de la incorporación de nanosílice en cada propiedad de concreto utilizando materiales específicos de la cantera Crucero, esto una opción tentativa para un desarrollo alternativo que mejoren la calidad del material y promuevan el uso más efectivo y sustentables de los materiales pétreos locales. (Lara & Sandro, 2022)

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es el efecto de la adición de nanosílice sobre las propiedades del concreto en estado endurecido utilizando agregados de la cantera del distrito de Crucero, provincia de Carabaya, región Puno, 2024?

1.2.2 *Problemas específicos*

a. ¿**Cómo** influye la adición de nanosílice en la trabajabilidad de la mezcla de concreto en estado fresco utilizando agregados de la cantera del distrito de Crucero?

b. ¿Cuál es el impacto de la incorporación de nanosílice en la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido con fc=210 kgf/cm2, elaborado con agregados de la cantera del distrito de Crucero?

c. ¿Qué efecto tiene la adición de nanosílice en la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido con fc=210 kgf/cm2, utilizando agregados de la cantera del distrito de Crucero?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Evaluar la influencia de la adición de nanosílice en proporciones controladas sobre las propiedades del concreto en estado endurecido utilizando agregados de la cantera del distrito de Crucero, provincia de Carabaya, región Puno.

1.3.2 *Objetivos específicos*

a. Analizar cómo afecta la adición de nanosílice a la trabajabilidad del concreto en estado fresco, empleando agregados de la cantera del distrito de Crucero.

b. Determinar el impacto de la incorporación de nanosílice en la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido con fc=210 kgf/cm2, elaborado con agregados de la cantera del distrito de crucero.

c. Evaluar el efecto de la nanosílice en la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido con fc=210 kgf/cm2, utilizando agregados de la cantera del distrito de Crucero.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 *Justificación técnica*

El agregado de la nanosílice en la combinación de concreto representa un avance tecnológico significativo en el sector de la construcción, generalmente a sus propiedades

únicos que pueden mejorar considerablemente las características mecánicos y físicos del material. La nanosílice, por su parte, hace de un relleno muy fino que provoca una densificación de la microestructura del concreto, poco a poco, de esta forma, eliminará la porosidad, incrementará el esfuerzo a la compresión, el esfuerzo a a la flexión y, por último, la durabilidad. En estas evaluaciones se quiere conocer también la interacción de dicha nanosílice con los materiales pétreos locales provenientes desde la cantera del distrito de Crucero, logrando así entender y conseguir un conocimiento del concreto de acuerdo a las condiciones locales. También los resultados, en cierta forma, podrían dar lugar a la obtención de parámetros técnicos óptimos para dicha aplicación, logrando así un mejor desempeño en condiciones de carga y clima.

1.4.2 *Justificación económica*

El empleo de nanosilice en las mezclas de concreto puede generar un precio mas bajo a lo largo de los años, teniendo en consideración los aditivos iniciales. Esto mejora las características de un concreto hidráulico, con esto se tiene una hipótesis de que un concreto de este tipo puede tener una surabilidad larga en las estructuras, juntamente con esto se optimiza los costos, de la misma forma se reducirán el uso de los materiales pétreos de las canteras del distrito de Crucero, con la investigación que se realiza se aportara la forma en que se puede reducir los costos de los materiales, que contemplan el transporte y logística.

1.4.3 *Justificación social*

En Puno muchas comunidades deben lidiar con situaciones de calidad de las infraestructuras, las cuales no están generalmente de acuerdo a lo que se conoce como "buenas prácticas", para resistir condiciones climáticas adversas. La utilización de un concreto mejorado con nanosílice permite generar una alternativa más óptima y durable en viviendas, escuelas, hospitales y en otros espacios de vital importancia. Igualmente, este trabajo pone en marcha las transferencias de tecnologías y de conocimientos hacia los profesionales de la construcción de la región, empoderando así a las zonas rurales a que vayan adoptando prácticas novedosas que puedan fomentar a la mejorar las calidades de vida. El nuevo desarrollo de infraestructuras también puede reducir riesgos ante peligros naturales promoviendo espacios más seguros.

1.4.4 *Justificación ambiental*

El uso del material nanosilice en la combinación del concreto, es hipotéticamente favorables, con la finalidad de reducir, lo efectos que se genera en la construcción que se presenta en el medio ambiente. Así como se densifica las microestructuras de un material, y que con esto se pueda presentar mejoras en comportamiento del concreto, con esta investiga se pondría a la práctica de reducir el uso de los materiales pétreos, o por medio de ellos colaborar con el medio ambiente, en la reducción de emisión de dióxido de carbono (CO2). Un material como es el nanosilece, promueve en la conservación de los recursos no renovables, con la finalidad de un uso menor cantidad, esto en toda la región de Puno.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 *Hipótesis general*

La adición de nanosílice en proporciones controladas mejora significativamente las propiedades del concreto en estado endurecido, elaborado con agregados de la cantera del distrito de Crucero, provincia de Carabaya, región Puno.

1.5.2 *Hipótesis específicas*

a. La incorporación de nanosílice en el concreto reduce la trabajabilidad de la mezcla en estado fresco debido a su alta finura y superficie específica, pero mejora la cohesión y homogeneidad de la mezcla.

b. La adición de nanosílice incrementa la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido, gracias a la densificación de la microestructura y la reducción de la porosidad.

c. La presencia de nanosílice en la mezcla mejora la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido, debido a su capacidad para aumentar la adherencia entre la matriz de cemento y los agregados.

1.6 Variables

1.6.1 *Variable independiente*

Nanosílice

1.6.2 *Variable dependiente*

Propiedades del Concreto f´c=210 kgf/cm2

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
VI: NANOSÍLICE	El nanosílice es uno de los aditivos con composición de partículas de sílice con tamaños manométricos, son los que se agregan al concreto fresco con la finalidad de mejorar las características físicas e mecánicas.	Dosificación de nanosílice	3%, 5%, 7% y 10% de nanosílice respecto al peso del cemento	- Balanza electrónica
VD: PROPIEDADES DEL CONCRETO F´C=210 KGF/CM2	Esto se define como las características con los que cuenta un concreto en estado fresco, trabajabilidad y en estado fraguado esfuerzos internos e externos, con los cueles de define el comportamiento real del concreto.	Propiedades del concreto	•Trabajabilidad (Slump) •Resistencia a la Compresión •Resistencia a la Flexión	- Laboratorio de mecánicas de suelo

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

(Alvansaz et al., 2022) en calidad de investigadores en el estudio denominado "Estudio de la Incorporación de Nano Sílice en Concreto de Alto Desempeño (HPC)", el objetivo del presente estudio fue examinar la influencia de la integración de componentes de nanosílice en las características físicas y mecánicas del concreto de alto desempeño. Se procederá a identificar el esfuerzo a compresión, tracción, módulo de elasticidad, relación de Poisson y módulo de rotura correspondientes. Este proceso se llevó a cabo a través de la integración del material nanosilice en proporciones de 0.75%, 1.5% y 3% respecto a la masa del cemento. Este concreto presenta un diseño destinado a 55Mpa, con una trabajabilidad óptima atribuible a la incorporación de un superplastificante. Adicionalmente, se realizó una evaluación microscópico. Los descubrimientos sugieren que la concentración de nanosilice del 1.5% durante un periodo de 28 días es la más apropiada. Los esfuerzos de compresión experimentan una mejora en porcentajes que oscilan entre el 8.44% y el 7.52%, mientras que los esfuerzos de tracción experimentan un incremento desde el 4.33% hasta el 26.30%. El componente de rotura experimenta un aumento desde el 16.21% hasta el 9.63%, y finalmente, el módulo de elasticidad se eleva de 16.53% al 4.51%. Para concluir, se deduce que la aplicación de la nanosilice demuestra mejoras en las características físicas y mecánicas del material hormigón.

En el estudio titulado "Efecto de la radiación gamma en mezclas de resina poliéster envejecida, arena de sílice, PET de desecho y nano-sílice", Gutiérrez y Olaf 2024 se propusieron investigar el efecto de las radiaciones gamma en las combinaciones de resina poliéster deteriorada, arena sílica PETT y residuos de nanocilice. Se instauraron tanto los protocolos de reciclaje en rellenos sanitarios como los procedimientos de producción y conservación de desechos de plástico. En conclusión, las muestras confeccionadas con fibras de polietileno tereftalato de desecho, con un peso de nanosílice de 0,9 % y sometidas a dosis de radiación gamma de 200 kGy, manifestaron una mejora notable en la resistencia a la flexión comparado con el hormigón control. Sin embargo, las muestras con un 0,3 % de nanosílice mostraron valores que eran inferiores a los registrados en el hormigón control.

2.1.2 *Antecedentes nacionales*

(Lara, 2022) sugerió la denominación "Efecto de la Incorporación de Nanosilice para un Concreto Antideslave F´C = 280 Kgf/Cm2 Aplicado a Cimentaciones Profundas con Alto Nivel Freático", con el objetivo de realizar una investigación científica. Evaluación de la influencia del nanosile sobre el concreto hidráulico, sometido a esfuerzos a compresión de f'c= 280kgf/cm2, en estructuras de cimentaciones profundas con niveles de agua freática. La indagación emplea un enfoque metodológico explicativo, cuantitativo y aplicado. Los descubrimientos señalan que los diseños que integran un 0,50% y un 1% de nanosílice satisfacen las condiciones de sedimentación prescritas en el diseño mixto, produciendo dimensiones de 254,02 mm para cada uno. Las lecturas de exudación asociadas a los diseños experimentales se registraron en 0,06, 0,02 y 0,01 ml/cm2. Los periodos de preparación inicial documentados fueron de 5,76 horas, 6,66 horas, 9,78 horas y 10,19 horas; no obstante, los periodos de preparación final fueron de 7,08 horas, 8,49 horas, 11,26 horas y 13,24 horas respectivamente. Dentro del diseño experimental, la aplicación de esfuerzo a compresión durante un período de 7 días resultó en coeficientes de 325.1 kgf/cm2, 325.1 kgf/cm2 y 325.4 kgf/cm2. A lo largo de los 14 días, los obstáculos experimentaron un incremento hasta alcanzar las cifras de 371.6 kgf/cm2, 376.1 kgf/cm2 y 376.12 kgf/cm2. En última instancia, a los 28 días, se observó un incremento en los resultados a 434.4 kgf/cm2, 334.9 kgf/cm2 y 334.9 kgf/cm2. La integración de nanosílice mejora las características del hormigón en su condición fresca; no

obstante, la mejora en su condición rígida es residual, siendo el beneficio más palpable en la formulación que integra un 0,50% de nanosílice. Nanosílice.

En la investigación denominada "Propiedades físicas y mecánicas del concreto pesado con nanosilice para los hospitales de Lima Metropolitana - 2019", se planteó una evaluación sobre las modificaciones en las características físicas y mecánicas sobre el hormigón hidráulico, incorporando nano sílice. La presente investigación se realizó en la región metropolitana de Lima, utilizando una metodología analítica cuantitativa en un entorno cuasiexperimental. El estudio aplicó tres proporciones de agua/cemento: 0.50, 0.45 y 0.40, a las cuales se incorporaron nanosílice de 0.5%, 1.0% y 1.5%, conforme al volumen del cemento. Esta metodología se implementó en contraposición al diseño tradicional para toda vínculo agua/cemento. La selección de la muestra, que representa la población total, comprende 180 briquetas de 4in x 8in y 36 vigas de 0.15cm x 0.15cm x 0.50cm. Esta muestra integra una variedad de esfuerzos y porcentajes fluctuantes de nanosílice, con la finalidad de examinar cada característica física y mecánica de la estructura pesada utilizando nanosílice. Los descubrimientos derivados de la evaluación de las propiedades ventajosas de la nanosílice en los atributos del concreto híbrido pesado a los 7 y 28 días de empleo. La firmeza del hormigón pesado se incrementa al emplear un contenido inferior al 0,5% de nanosílice. Las evaluaciones de compresión simultáneas revelaron resultados favorables cuando se incorporó un 0.5% de nanosílice al hormigón, que tiene una proporción agua y cemento (w/c) de 0.50. Este resultado implica una elevación del 2,47% en el esfuerzo a la compresión tras 28 días, con una densidad de 2992.0 kgf/m3. Las valoraciones de tracción efectuadas bajo compresión diametral indicaron que una dosis de 0,5% condujo a mejoras del 16,27% en los esfuerzos de compresión aplicados a un diseño de agua-cemento de 0.40 durante un periodo de 28 días, lo que se reflejó en una densidad de 2949 kg/m3. Las evaluaciones de flexión revelaron que el hormigón con un diseño de agua-cemento (w/c) de 0.40 evidenció mejoras de 3.07%, 5.07% y 6.11%. A los 28 días, las concentraciones de nanosílice aumentaron de 0,5%, 1,0% y 1,5%, generando densidades de 2937.0 kgf/m3, 2959.0 kgf/m3 y 2971.0 kgf/m3, respectivamente.

2.1.3 *Antecedentes regionales*

(Cajavilca & Calderón, 2022) sugieren la denominación "Influencia de la adición de microsílice en las propiedades fisicoquímicas y mecánicas para mejorar el concreto, Juliaca – Puno". El propósito es examinar los impactos de la integración de microsilice en las características de un concreto en la localidad de Juliaca, mediante un estudio experimental y una metodología cuantitativa. La estructura de hormigón utilizada se compone de 175 kgf/cm2, 210 kgf/cm2 y 280 kgf/cm2, con proporciones de microsilice del 3%, 6%, 9%, 12% y 15% respectivamente. La incorporación de microsílice optimizó las características mecánicas del hormigón, lo cual se refleja en un aumento del 6% sobre la fuerza a compresión y un incremento del 3% en la fuerza a flexión. El esfuerzo ejercido por la compresión varía entre 175.00 kgf/cm2 y 188.28 kgf/cm2, de 210.00 kgf/cm2 a 228.49 kgf/cm2 y de 280.00 kgf/cm2 a 306.58 kgf/cm2. El esfuerzo de flexión registra una escalada desde 26.98 kgf/cm2 hasta 28.30 kgf/cm2, de 32.64 kgf/cm2 a 33.79 kgf/cm2 y de 43.45 kgf/cm2 a 46.04 kgf/cm2. La concentración óptima de microsílice se establece en un 6% para la compresión y un 3% en relación con la flexión; sin embargo, las características físicas a menudo experimentan una disminución con niveles de microsílice superiores.

2.2 Marco teórico

2.2.1 *Nanosílice*

La nanosílice es un material avanzado que consiste en partículas de dióxido de silicio (SiO2SiO2) con tamaños que oscilan entre 1 y 100 nanómetros. Estas partículas, debido a su escala nanométrica, poseen una superficie específica extremadamente alta y una reactividad química notable, lo que les permite interactuar de manera más efectiva con otros componentes de las mezclas de construcción, especialmente en el concreto. La nanosílice es frecuentemente sintetizada por medio de métodos como la precipitación química, sol-gel o combustión en fase gaseosa, dando lugar a un producto con propiedades controladas que favorecen su empleo industrial (Barbhuiya et al., 2020).

Desde una óptica química, se considera la nanosílice como un aditivo puzolánico al reaccionar con el hidróxido de calcio (Ca(OH)2Ca(OH)2), que se encuentra libre durante la hidratación del cemento Portland, pasando a producir compuestos de silicato de calcio

hidratado (C-S-H). Este proceso no solo densifica la matriz del concreto con menor cantidad de poros, sino que también aumenta su resistencia mecánica y durabilidad. Además, la nanosílice mejora substantialmente las propiedades de cohesión y trabajabilidad en el estado fresco, lo que permite poder utilizarla con aquellas aplicaciones que necesiten mezclas con elevado nivel de homogeneidad.

Desde el punto de vista de la composición estructural de los materiales, la adición de nanosílice puede cambiar la microestructura del mármol de concreto mediante el cierre o disminución de los poros capilares y como consecuencia la disminución de la permeabilidad del medio. Este último punto es especialmente ventajoso en el caso de la durabilidad, en la medida en que se puedan colocar los componentes del concreto en ambientes agresivos, o bien que el concreto pueda perdurar los efectos de ciertos agentes químicos o patrones meteorológicos extremos. Así mismo, la nanosílice puede llegar a mejorar la resistencia a la compresión y a la flexión por lo que se podría utilizar en cualquier tipo de proyecto de infraestructura exigente, lo que la hace una solución versátil. (Barbhuiya et al. 2020)

El uso de nanosílice aporta también un elemento sostenible, dado que permite reducir la cantidad de cemento que se debe añadir a las mezclas, sin menoscabar las características del concreto. Este hecho ayuda a rebajar la emisión de dióxido de carbono (CO2CO2) generada por la producción de cemento, de acuerdo con las pautas de sostenibilidad ambiental del sector de la construcción. En zonas como Puno, donde tienen un papel importante los recursos autóctonos en la construcción, la nanosílice es una tecnología innovadora que se puede utilizar para optimizar el uso de los materiales de los que se dispone, mejorando al mismo tiempo el rendimiento de las estructuras y su impacto en el citado medioambiente.

En conclusión, la nanosílice es un material con un gran interés para permitir que sea transformado en una industria de las constructoras, de hecho, por las propiedades químicas y físicas que visible tiene. Su potencialidad de poder aumentar tanto las características mecánicas como la sostenibilidad del concreto la sitúa como un elemento de gran importancia

en la búsqueda de soluciones de construcción más duraderas y respetuosas del medioambiente.

2.2.1.1 Tipos de nanosílice

La nanosílice se comercializa en diversas presentaciones, todas con características diferentes que inciden en su comportamiento y uso en el concreto y en otros materiales de la construcción. Los distintos tipos de nanosílice están determinados, empero, por sus métodos de fabricación, morfología y por sus propiedades físicas y químicas, las cuales pueden satisfacer una diversidad de requerimientos técnicos y ambientales. (Barbhuiya et al., 2020)

Nanosílice coloidal

La nanosílice coloidal se trata de una forma de nanosílice que consiste en partículas de dióxido de silicio que se encuentran en un medio líquido, normalmente agua. Este tipo de nanosílice es ventajosa por su buena compatibilidad con mezclas de hormigón en estado de pasta, donde se pueden añadir sus partículas y se mejora la trabajabilidad de las mezclas de hormigón sin tener que recurrir a un modo de introducción y tratamiento adicional. Las partículas coloidales presentan una buena homogeneidad y estabilidad, por lo que se pueden incorporar perfectamente a la matriz del cemento. La nanosílice coloidal tiene un alto rendimiento en sus propiedades tanto de reactividad como de consistencia del hormigón trabajado, por lo que es muy apropiada para aplicaciones donde se necesita durabilidad y resistencia en condiciones agresivas.

Polvo de nanosílice

El polvo de la nanosílice es una forma sólida y ultrafina de dióxido de silicio obtenida por medio de la combustión en fase gaseosa o producción de productos en estado sol-gel (Gerners, 2004; Maruyama et al., 2005). Presenta una superficie específica muy elevada gracias a su baja densidad, lo que hace que sea más reactivo químicamente que la nanosílice coloidal. No obstante, la forma seca del polvo de nanosílice exige un suficiente de dispersión para integrarse en el concreto, a fin de evitar el apelotonamiento de las partículas. Este tipo de nanosílice es, no obstante, el que se aplica para incrementar la resistencia a la compresión o la durabilidad del concreto endurecido, en particular, en formulaciones de alto rendimiento

(Barbhuiya et al. 2020).

Nanosílice funcionalizada

La nanosílice funcionalizada (f-SiO2) es aquella que, a diferencia de la nanosílice "normal" (n-SiO2), ha sufrido una modificación en su parte superficial a través de un tratamiento químico que modifica la estructura superficial cambiando las características de las partículas y mejorando la interacción con otros materiales que pertenecen al vivo de la mezcla. También son utilizadas en aplicaciones concretas, por lo que elegirlo significativo para la funcionalización del hormigón, junto a aditivos, fibras, polímeros con la mejora de la interacción de componentes, o bien diseñarlo en f-SiO2 de la misma forma para mejorar determinadas propiedades: la resistencia química o la capacidad de autocompactación.

Nanosílice sintetizada in situ.

La nanosílice se genera in situ durante el proceso de mezclado del hormigón mediante reacciones químicas controladas del hormigón. Este procedimiento proporciona una mejor homogeneidad en la nanosílice dentro de la matriz del cemento, lo que mejora sus propiedades puzolánicas y su capacidad para disminuir la porosidad. Esta tecnología, aunque poco empleada por su complejuridad, presenta ventajas en la personalización y el control de su proceso de fabricación.

Nanosílice dopada

La nanosilice dopeada es una forma más avanzada de la nanosilice que ofrece trazas de elementos químicos como el aluminio y el titanio, modificando sus propiedades físicas y su comportamiento químico a la vez que introduce otras características de gran interés, entre ellas una mejor resistencia frente al estrés térmico, sistemas que presenten químicas corrosivas o productos sometidos a ciclos de congelación y descongelación. Su uso se encuentra ya en etapas experimentales, con consideración de que es una alternativa posible para infraestructuras sometidas a condiciones severas. (Barbhuiya et al., 2020)

Aplicaciones que dependen del tipo de nanosílice

La selección de la variación de nanosílice depende de los objetivos del proyecto y de las propiedades específicas que se quieran mejorar en el concreto. Se prefiere la nanosílice coloidal con el objetivo de aumentar la trabajabilidad y reducir la segregación, mientras que la nanosílice en polvo y funcionalizada es la de preferencia para aumentar la resistencia mecánica y la durabilidad. En el caso de las regiones como la provincia de Carabaya, que poseen climas extremos con materiales locales de baja calidad, el empleo de nanosílice adecuada puede incrementar el rendimiento de las estructuras mejorando su durabilidad.

Así, la pluralidad de nanosílices permite una notable versatilidad para conseguir la mejor respuesta para las diferentes exigencias del propio sector de la edificación. Es decir, permitir un buen ajuste de este nuevo material ante distintos entornos y problemas.

2.2.1.2 Ventajas del nanosílice

La aplicación del nanosílice en un concreto tiene varios beneficios técnicos, económicos, sociales y ambientales, es lo que lo hace novedoso y altamente eficaz para mejorar las cualidades del material. Las siguientes son las principales ventajas:

1. **Mejora de las cualidades mecánicas.**

La incorporación de nanosílice ha aumentado la reactividad química del cemento y, por ende, ha favorecido la interacción entre este componente y los productos de hidratación que puede llegar a generar, siendo el más destacable como es el hidróxido de calcio (Ca(OH)2). Todo ello conduce a una reacción de formación del silicato de calcio hidratado (C-S-H), responsables del considerable aumento del comportamiento mecánico del hormigón endurecido, tanto a la compresión como a la flexión. El potencial para densificar la matriz de hormigón mejora su capacidad de carga y su rendimiento bajo tensión sostenida.(Barbhuiya et al., 2020)

2. **Disminución de la porosidad**

Un beneficio significativo de la nanosílice es su capacidad para disminuir la porosidad del hormigón. Al funcionar como un relleno ultrafino, llena los vacíos dentro de la matriz del

material, lo que genera una microestructura más densa. Esto reduce la permeabilidad del hormigón, mejorando su resistencia a agentes externos como agua, químicos corrosivos y sales.

3. Durabilidad mejorada

La disminución de la porosidad y la mejora de la microestructura hacen que el hormigón modificado con nanosílice sea más resistente a la degradación causada por factores ambientales y químicos. Esto incluye una mayor resistencia al ataque de sulfatos, la entrada de cloruros y los ciclos de congelación y descongelación. En consecuencia, las construcciones construidas con este material tienen una vida útil más larga, lo que reduce la necesidad de reparaciones periódicas. (Barbhuiya et al., 2020)

4. Trabajabilidad mejorada

La nanosílice en su forma inalterada mejora la cohesividad de la mezcla, realizando seguimiento sobre la segregación y el sangrado. Todo esto nos muestra que se puede utilizar en proyectos con concreto autocompactantes. y/o muy fluidas, teniendo como seguro un colocado con mayor eficiencia y uniformidad. (Sarkar et al., 2021)

5. Sostenibilidad ecológica

La nanosílice mejora la sostenibilidad del hormigón al reducir el porcentaje de contenido de cemento que se emplea en mezclas. La fabricación de cemento uno de los factores esenciales en la emisión de dióxido de carbono (CO_2) en la industria de la construcción; de ahí que su disminución influya positivamente en las huellas de carbonos del sector. Así mismo hacer mejoras con respecto a las durabilidades del concreto disminuye la frecuencia de reparación y reconstrucción, disminuyendo así el consumo de recursos a largo plazo.

6. Compatibilidad con complementos adicionales

La nanosílice tiene compatibilidad con muchos elementos químicos y minerales, todo esto ayuda el manejo de incorporar en nuevos materiales de acuerdo a su diseño en el uso

de particularidades. Este material es utilizado juntamente con fibra y superplastificante y otros materiales químicos, con la finalidad de presentar mejorías en sus propiedades mecánicas y físicas del concreto, adaptándolo a las especificaciones de cada proyecto. (Sarkar et al., 2021)

7. Ventajas económicas sostenidas

A pesar del elevado coste inicial asociado a la nanosílice debido a su sofisticada tecnología, las ventajas financieras a largo plazo son considerables. La mayor durabilidad del concreto y sus menores requisitos de mantenimiento brindan ahorros significativos en reparaciones y reconstrucción. Además, la posibilidad de utilizar cantidades reducidas de cemento reduce los gastos de fabricación y al mismo tiempo mantiene la calidad del material.

8. Multifuncionalidad en las aplicaciones

La nanosílice facilita la producción de hormigón de alto rendimiento, apropiado para diversas aplicaciones, que van desde infraestructuras sometidas a entornos hostiles (por ejemplo, puentes y túneles) hasta proyectos que requieren materiales estéticamente atractivos y excepcionalmente duraderos (por ejemplo, fachadas y pavimentos).

Resumen

La nanosílice proporciona una combinación única de beneficios tecnológicos, económicos y ambientales, lo que la establece como una alternativa nueva y sostenible en los sectores de las construcciones. Sus capacidades mejoran las características concretas y mitigar el efecto ambiental lo convierte en un instrumento esencial para abordar las dificultades presentes y futuras de la industria. (Sarkar et al., 2021)

2.2.2 *Concreto*

El concreto es uno de los materiales que tiene componentes que se pueden utilizar en la construcción civil y está conformado por unos componentes u otros, incluyendo agregados (por ejemplo, grava y arena), un aglutinante (normalmente, cemento), agua y otro tipo de aditivo químico o mineral que hacen que se mejore sus características. Es uno de los materiales que tiene una versatilidad y resistencias, esto hace que este material sea el muy utilizado en el ámbito global en las diversas aplicaciones como obras de menor y mayor

magnitud.

El cemento, constituyendo el componente fundamental del hormigón, se transforma en aglutinante al interactuar junto a el agua y seguir un mecanismo químico que facilita la unión de las partículas de la mezcla para generar una estructura robusta. Los agregados, constituyentes primordiales en el peso y volumen del hormigón, contribuyen a la estabilidad, resistencia y economía del mismo. El agua es esencial en la composición y el fraguado primario. Las sustancias Aditivas tienen la capacidad de alterar ciertas características del hormigón, tales como la mejora en la facilidad de trabajo, la reducción de la duración de fraguado o el incremento en la solidez. (Sarkar y colaboradores, 2021)

El hormigón se caracteriza por su forma de adaptabilidad a formas y dimensiones variables, lo que le confiere una mayor flexibilidad para satisfacer diversas demandas constructivas. Por lo tanto, al endurecerse, se transforma en un material altamente resistente ante la compresión, con la capacidad de resistir cargas significativas en estructuras arquitectónicas, puentes, pavimentos, presas, entre otros. La dureza de este material permite sus capacidades para resistir la agresión en los elementos y el ataque de compuestos químicos en múltiples usos.

Por otra parte, a pesar de las ventajas que comporta la fabricación de hormigón, el mismo plantea problemas debido a su efecto en el medio ambiente, sobre todo por la alta demanda de cemento, cuya producción está asociado a una considerable emisión de dióxido de carbono. Por lo que, esto ha motivado la búsqueda de alternativas más sostenibles que se centren en el uso de adiciones, incorporaciones novedosas (como la nanosílice) y el reciclaje de residuos a fin de minimizar este impacto y potenciar el rendimiento (Sarkar et al., 2021)

En síntesis, el material hormigón se caracteriza como un material constructivo fundamental, caracterizado por su solidez, adaptabilidad y durabilidad. Su capacidad de adaptación garantiza su persistencia como el elemento esencial de la fabricación contemporánea, con innovaciones persistentes en la búsqueda de alternativas más sustentables y de elevado desempeño para satisfacer las demandas de un sector en

constante evolución.

2.2.2.1 Componentes

El concreto es uno de las materias que esta compuestos con materiales primarios, como los materiales pétreos que cumplen funciones para su versatilidad, y que estas cumplan con todas las propiedades físicas y mecánicas para una construcción, cada material cumple una función distinta, con una dosificación adecuada que garantizan sus rendimientos óptimos (Sarkar et al., 2021)

El material cementante, un elemento esencial del hormigón, desempeña un papel de compuesto que facilita la unión entre los demás componentes. Esta sustancia, al ser combinada con agua, provoca una reacción química denominada hidratación, que facilita la transición del conjunto de la mezcla desde una fase blanda hacia una condición sólida y robusta. Este material es el cemento predominantemente utilizado, debido a su accesibilidad, coste reducido y propiedades mecánicas sobresalientes, destacadas en términos de firmeza y longevidad.

Los componentes agregados, que representan entre el 60 y el 80% del volumen total de hormigón, se categorizan en dos clasificaciones principales: agregados gruesos y agregados finos. Los materiales finos, por ejemplo, la arena, ocupan las áreas residuales entre los materiales gruesos y confieren consistencia al material preparado. Por otro lado, los agregados gruesos, tales como la piedra triturada o la grava, proporcionan volumen, firmeza y solidez al concreto fortalecido. La morfología, la calidad y la granulometría (el tamaño de las partículas) de los agregados son sus atributos más significativos, dado que ejercen una influencia directa sobre la trabajabilidad, la firmeza y la longevidad del hormigón. (Sarkar y colaboradores, 2021)

El agua es un componente importante del hormigón, ya que no solo actúa como agente de mezclado, sino que también es un componente necesario de la reacción química que activa las hidrataciones del cemento. Las cantidades de agua utilizadas en las mezclas debe

calcularse correctamente: unos excesos de agua pueden dar lugar a porosidad y deteriorar la calidad del concreto endurecido, mientras que una dosificación inadecuada de agua puede dificultar la combinación y el vaciado. Un agua-cemento equilibrado da lugar a una buena trabajabilidad en condiciones de fresco y rendimientos adecuados en los estados adecuados.

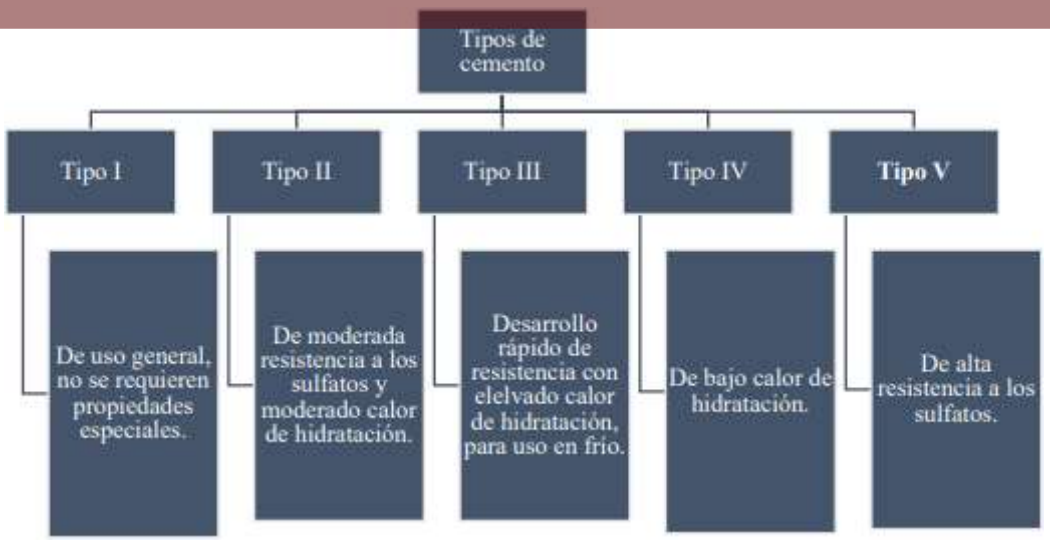
Las cantidades de aditivos químicos se emplean en muy baja cantidad para modificar o intensificar alguna serie de propiedades del hormigón además de las de su parte fundamental, entre las que se encuentran reducciones la cantidad del agua, superplastificante, acelerador de endurecimiento y retardador, y algunos otros. Por su parte, los superplastificantes generan la posibilidad de tener concretos fluidos y trabajables sin incrementar la cantidad de agua y el acelerarte de fraguado van a ser beneficiosos en proyectos que exigen realizar unos endurecimientos rápidos.

Los aditivos minerales están adquiriendo relevancia en la industria del hormigón, y no resulta complejo discernir las razones subyacentes. Debido a sus características puzolánicas, estos aditivos no solamente incrementan la longevidad y firmeza de la materia, sino que también contribuyen con un valor añadido. Por ejemplo, compuestos como la nanosílice, la ceniza volante y el vapor de sílice interactúan con cualquier subproducto del proceso de hidratación del cemento, generando productos químicos adicionales que incrementan las densidades de la matriz del hormigón. Adicionalmente, este tipo de aditivos favorecen la sostenibilidad de los materiales al facilitar una disminución en las cantidades de cemento empleado, lo cual contribuye a la disminución del porcentaje de emisión de CO_2 vinculada a su producción. (Sarkar y colaboradores, 2021)

En resumen, en concreto es uno de los materiales multifacéticos cuyas formulaciones se adaptan a diferentes tipos de usos, esto de acuerdo la selección de sus componentes, su diseño y las dosificaciones, son los que determinan la calidad del concreto hidráulico, asi mismo se puede impulsar al uso de aditivos, materiales pétreos sostenibles y reciclados.

Figura 1

Tipos de cemento



a) Agua

El agua desempeña un papel crucial en la amasado de concreto y mortero, dado que hidrata el cemento y lo convierte en un material de pegamento. La presencia de este componente es fundamental para la solidez del compuesto, la capacidad de trabajo en condición fresco y robusto, y para garantizar el cuidado del cemento (Urbina, 2022).

Para garantizar la eficacia del concreto, el agua tiene que ajustarse a la norma NTP 339.088. Esta regulación asegura la limpieza adecuada del agua, exenta de álcalis u otras sustancias nocivas para el concreto o acero de refuerzo. Adicionalmente, se debe asegurar que el contenido de iones cloruro no exceda las quinientos ppm, mientras que la de iones sulfato no exceda las 1,000 ppm para asegurar la durabilidad del material. Según Nigam & Verma (2024),

La calidad del agua es fundamental para la mezcla del concreto, dado que puede contener impurezas. Las funciones primordiales del agua en esta mezcla incluyen:

- La hidratación del cemento es esencial con el fin de producir las transformaciones químicas que contribuyen a la formación de la pasta de cemento.
- La lubricación incrementa la capacidad de trabajo del hormigón, facilitando así

su manipulación y colocación.

- Prevenir vacíos: Es imperativo garantizar que el espacio disponible en la mezcla de cemento permita el correcto desarrollo de los componentes hidratantes.

La calidad del agua empleada para la curación del concreto debe ser idéntica a la de la mezcla. Este aspecto es crucial, dado que, en etapas tempranas, el hormigón es permeable y facilita la penetración de agentes agresivos que deterioran tanto el hormigón endurecido como el acero de refuerzo (Cordero & Palomino, 2021).

b) Agregados

En la mezcla del hormigón, los áridos, aunque parezcan elementos sin chiste, son cruciales para que todo quede bien macizo y aguante el paso del tiempo, una vez que se juntan con la pasta de cemento esa mezcla de cemento y agua, ¿sabes?. Piensa que estos materiales ocupan casi tres cuartas partes de todo el volumen, así que imagínate si serán importantes que sean buenos. Y es que, dependiendo de lo buenos que sean los áridos, así rendirá el hormigón y así serán sus cualidades al final, como la fuerza que tenga, lo que dure y lo fácil que sea trabajar con él (Capristan & Iglesias, 2021).

Estos materiales proceden de un abanico de orígenes en la naturaleza. Por ejemplo, tenemos los lechos de los ríos, que nos dan arenas y gravas de río, y también los restos que dejaron los glaciares, de donde sacamos bolos. Aparte, también se sacan de las minas a cielo abierto, que albergan una diversidad de rocas y piedras sin tratar. Según lo que pida cada obra, estos materiales se pueden usar tal cual, sin cambiar su tamaño, o se pueden machacar con máquinas. Este proceso sirve para modificar sus propiedades y que encajen con lo que necesita la estructura y cómo va a funcionar el edificio.

En el ámbito de la edificación, elementos sueltos como la arena, la grava y la piedra partida cumplen el rol de componentes, que, al combinarse con cemento y agua, dan lugar al hormigón o al mortero. Existen diversas clases de componentes, organizadas en función de

su dimensión, procedencia y cometido dentro de la amalgama. A modo de ejemplo, los componentes de grano fino, como la arena, se emplean para optimizar la maleabilidad y unión del hormigón, en tanto que los componentes de grano grueso, como la grava o la piedra partida, aportan firmeza y solidez a la edificación.

1. **Áridos finos:** Hablamos de esos materiales con granos que oscilan entre los 0.075 mm y los 5 mm. Un clásico aquí es la arena, ya sea la que encontramos en ríos, la de las playas o la que se extrae de canteras. Su tarea primordial es la de ocupar esos huecos que quedan entre los áridos de mayor tamaño, lo que resulta en una mezcla de hormigón o mortero mucho más compacta.

    - Arena natural: esta se saca directo de la madre naturaleza, como de los ríos o esos terrenos que se forman con los sedimentos. Es la que más se usa en la construcción porque la encuentras fácil y no cuesta un ojo de la cara.

    - Arena hecha por el hombre: esta sale de machacar rocas y piedras grandotas hasta hacerlas arena. Su forma es más bien como de piedritas puntiagudas, lo que ayuda a que se pegue mejor en la mezcla. El agregado fino afecta cómo de fácil se trabaja y cómo se mantiene unida la mezcla, así que es súper importante para que no se separe o le salga agua.

2. Adicionales gruesos: Se refiere a partículas con un diámetro superior a 5 mm, incluyendo piedra triturada, canto redondo o piedra cortada. Estos aditivos contribuyen a la capacidad del concreto para resistir pesos y proporcionan estabilidad. Estos pueden ser de origen natural o sintético.

- Cantos rodados: se refieren a áridos gruesos naturales redondeados, extraídos de cauces fluviales o canteras. Se caracteriza por su mayor esferez, lo que facilita su manipulación en concretos.

- Piedra triturada: se obtiene mediante la trituración de rocas, tales como piedra caliza, caliza, pedregoso. Las piezas poseen una mayor angularidad y superficies más cortantes,

lo cual favorece la adherencia del cemento, no obstante, disminuye la manejabilidad de la mezcla.

El número y el estándar del material grueso ejercen una influencia significativa en la firmeza y longevidad del concreto. Los materiales de mayor dureza y resistencia ante la abrasión son los más adecuados para construcciones ligadas a fuerzas dinámicas o a procesos de deterioro.

2. Incorporaciones naturales: Se refiere a aquellos que se obtienen de manera directa de recursos naturales, tales como ríos, lagos, canteras. Estos pueden variar en finidad o grosor y, por lo general, no demandan una preparación intensiva.

3. Complementos sintéticos: Se refiere a componentes procedidos o producidos, tales como los componentes ligeros (como la arcilla expandida o la escoria), en situaciones donde se busca minimizar la carga de los edificios sin disminuir su resistencia.

4. Incorporaciones recicladas: Estos se producen mediante el reciclaje de escombros de construcción, tales como hormigón o asfalto triturado. Su aplicación se está incrementando en la edificación sostenible, debido a su capacidad para mitigar el efecto del medio ambiente (Cárdenas, 2023).

2.2.2.2 Características del concreto

Debido a sus atributos físicos, mecánicos y químicos, el concreto es un componente ampliamente empleado en el sector de la construcción. Dichas propiedades constituyen el hormigón un material idóneo para una variedad de aplicaciones estructurales, lo que justifica su amplia utilización. Dado que estas propiedades están condicionadas por la formulación, el proceso productivo y las condiciones de exposición, pueden ser modulares para cumplir con las demandas específicas de cada proyecto. Según Nigam & Verma (2024),

1. Propiedades Básicas

Cuando se encuentra en estado fresco, el concreto se caracteriza por su capacidad para ser mezclado, transportado, instalado y compactado sin provocar una separación en sus elementos. La manejabilidad de los materiales se ve afectada por factores como el volumen

de agua, la dimensión y la morfología de los mismos, así como la existencia de una sustancia aditiva. El periodo de transición del hormigón de un estado fluido inicial a un estado de endurecimiento primordial se denomina periodo de fraguado y constituye una propiedad adicional inherente a esta etapa. Para garantizar una disposición perfecta y prevenir complicaciones tales como deterioro o disgregación, es crucial regular los tiempos de colocación para optimizar la eficiencia.

2. Las características inherentes al concreto y su aplicación en las estructuras constructivas

Tras el endurecimiento del material hormigón, es imperativo examinar sus atributos mecánicos para evaluar su aptitud para resistir fuerzas y trabajos. Cierta de las propiedades más significativas del hormigón radica en su resistimiento frente a la presión, definida como la resistencia a ser aplastado. Esta propiedad es esencial para la construcción de construcciones sometidas a fuerzas elevadas, tales como canales, zapatas y columnas. La capacidad del hormigón para resistir la tensión indirecta, como en el caso de vigas y losas, constituye otra característica a tener en cuenta. La capacidad se define como la firmeza a la flexión. Las dos propiedades están condicionadas por una variedad de elementos, incluyendo la proporción de componentes, la magnitud y la calidad de los agregados y aditivos empleados (Nigam & Verma, 2024).

3. Una característica de carácter duradero.

Diversas características significativas de la estructura hormigón incluyen su longevidad, un atributo esencial en estructuras sometidas a condiciones de alta agresividad. El hormigón se considera duradero si soporta la influencia de agentes químicos, variaciones térmicas, periodos de congelamiento y reducción de temperatura sin sufrir deterioro. Dado que el hormigón de menor permeabilidad se caracteriza por su mayor resistencia a la penetración de suciedad, cloro y diversos elementos perjudiciales que corroen el refuerzo o deterioran la matriz, la permeabilidad es un atributo que incide en la durabilidad. Aditivos tales como la nanosílice y los compuestos puzolánicos contribuyen a la reducción del grado de

permeabilidad y al incremento de la durabilidad estructural. Según Nigam & Verma (2024),

4. Propiedad de la temperatura característica de la temperatura característica de la temperatura característica de la temperatura propiedad de la temperatura

La conductividad térmica y el coeficiente de expansión térmica del hormigón son las características de mayor interés. Además, el hormigón posee otras propiedades térmicas. En aplicaciones orientadas al aislamiento térmico, la habilidad del hormigón para transmitir calor se evalúa en función de su conductividad térmica. En contraposición, el coeficiente de expansión térmica representa la magnitud de la expansión o contracción del hormigón por cada grado de cambio de temperatura. Esta propensión puede generar fisuras en la estructura si no se toma en cuenta durante el proceso de construcción.

5. Características y atributos estéticos.

Tradicionalmente, el hormigón ha sido distinguido por sus atributos técnicos y de resistencia; sin embargo, su habilidad para adaptarse estética constituye otra característica distintiva de este material. El material hormigón puede ser sometido a tratamientos superficiales para conferirle color y textura, o incluso para replicar materiales tales como la piedra o la madera. El hormigón tiene la capacidad de ser moldeado en cualquier forma y textura, y puede ser sometido a tratamientos superficiales para alcanzar estos resultados. Por lo tanto, el hormigón resulta adecuado para la realización de proyectos arquitectónicos de vanguardia.

6. Propiedades en relación con el entorno natural Propiedades en relación con el medio ambiente Características con el entorno natural

Actualmente, las propiedades ecológicas del hormigón están adquiriendo una relevancia sin precedentes. Además, el reciclaje de desechos y la incorporación de aditivos como la nanosílice contribuyen a la reducción del consumo de cemento. Esto, simultáneamente, reduce la huella de carbono inherente al cemento. Los costos asociados a la reparación y mantenimiento en estructuras edilicias pueden disminuir mediante la

optimización de la longevidad y resistencia del hormigón. Según Nigam & Verma (2024),

El hormigón se distingue como uno de los materiales constructivos más versátiles y utilizados debido a su amplia gama de cualidades físicas, mecánicas, de química y estéticas. Además, el material hormigón se destaca como cierto de los componentes con mayor estética. La obra no podría subsistir sin él debido a su capacidad de adaptación a cualquier circunstancia. Además, las tecnologías emergentes, tales como los aditivos de última generación o los materiales ecológicos, continúan optimizando sus propiedades para abordar los desafíos de sostenibilidad, eficiencia y durabilidad.

Figura 2

Slump



a) Resistencia a compresión

La habilidad de la estructura hormigón para resistir cargas verticales de presión sin desintegrarse se denomina resistencia a la compresión, cierta de sus características mecánicas más significativas y frecuentemente detalladas. La habilidad de un elemento para resistir de manera segura las fuerzas a las que se enfrenta se cuantifica en medidas de peso por cada unidad de área (kgf/cm2 o MPa). Esta particularidad es crucial en la planificación estructural, dado que establece la aptitud de una estructura para resistir cargamentos. Según Nigam & Verma (2024),

Diversos elementos de la mezcla de hormigón y de fabricación influyen en su solidez

en la compresión. El efecto se encuentra influenciado por diversos elementos, incluyendo la clase y condición del cemento, la proporción agua y cemento, el tamaño y condición de los componentes agregados, los sustancias utilizados y la antigüedad del hormigón. En términos generales, la proporción agua/cemento debe ser apropiada, dado que un exceso de agua genera porosidad que disminuye la densidad del hormigón, lo que consecuentemente disminuye su resistencia. Los componentes, tales como la nanosílice, potencian la resistencia al incrementar la densidad de la microestructura y a la reducción de los poros capilares.

Con el fin de analizar la capacidad de resistir a la compresión del material hormigón, usualmente se desarrollan cilindros o cubos, se someten a un proceso de curación bajo condiciones controladas y posteriormente se someten an una carga de compresión en un mecanismo hidráulica de laboratorio. Esta prueba permite cuantificar la fuerza máxima que el hormigón es capaz de resistir antes de su fractura. Los hormigones de resistencia elevada exceden los 600 kgf/cm2, mientras que los hormigones convencionales no exceden los 210 kgf/cm2. Los parámetros de resistimiento ante la compresión del hormigón fluctúan según del uso específico al que se destina el material. Según Nigam & Verma (2024).

La fuerza ante la compresión no se limita a ser un indicio del estándar del hormigón, además influye también en otras características, tales como la longevidad, la fuerza ante la flexión y la habilidad para resistir fuerzas dinámicas o estáticas. Por ejemplo, un clase de concreto que soporta una mayor presión permite una permeabilidad reducida del agua. Esto implica que presenta una mayor resistencia frente a agentes biológicos perjudiciales (como cloruros, sustancias sulfatadas, entre otros) o procesos repetitivos de hielo y deshielo.

En efecto, existe un aspecto que tenemos que considerar. La capacidad del hormigón a la fuerza no se mantiene estable a lo largo de todo el proceso constructivo. La discrepancia entre lo que se somete a pruebas en el laboratorio y lo que se mantiene en la obra puede atribuirse a diversas causas, incluyendo la metodología de compactación, el proceso de curado, la temperatura y las fluctuaciones climáticas durante el proceso de colocación. Por lo tanto, resulta esencial el manejo de excelencia a lo largo de cada fase del proceso

constructivo para garantizar la obtención de un hormigón que satisfaga los criterios estipulados en el diseño inicial. Según Nigam & Verma (2024),

En última instancia, la resistencia ante la compresión reviste una importancia crucial en el campo de la ingeniería civil. Esto es debido a lo cual no únicamente asegura el desempeño óptimo de las construcciones, sino que también constituye un punto de partida para la evaluación de otras características mecánicas y de durabilidad. A través de la implementación de tecnologías emergentes, como la nanosílice, es factible optimizar esta propiedad. Esto hace que el hormigón cumpla con las exigencias contemporáneas en el sector de la construcción, que demanda una creciente demanda de sostenibilidad ambiental.

Elementos fundamentales de la resistencia a la compresión del hormigón:

- La resistencia a la compresión del material es una propiedad empleada en el dimensionamiento de elementos constructivos tales como columnas, vigas y losas. Por consiguiente, es imperativo considerar la resistencia ante la compresión durante la construcción de estructuras. Esta es únicamente una de las múltiples causas que justifican esta situación.

- En consecuencia, el material posee una mayor capacidad para resistir las fuerzas que se proyectan para su durabilidad. La solidez definitiva del hormigón se ve afectada por las proporciones de la combinación (cemento/agua/áridos), la excelencia de los materiales utilizados, los requisitos de proceso y la duración del proceso. Intervalo entre la ejecución del hormigón. Realizando un análisis sobre la resistencia del hormigón.

- Las diversas metodologías de ensayo: Las muestras de hormigón, usualmente cilindros o cubos, son sometidas a pruebas estandarizadas con el objetivo de determinar la resistencia a la compresión del material.

- Estos experimentos se llevan a cabo acerca de muestras de hormigón. Dichas pruebas son sometidas a fuerzas de presión a medida que experimentan un fallo.

Dichos experimentos facilitan el control de la excelencia del hormigón y garantizan su idoneidad para la construcción. Esto garantiza la aptitud del hormigón para la construcción.

- Proceso de madurez corporal y mejora de la resistencia: La firmeza de la concreta persiste en su crecimiento a lo largo del periodo, particularmente durante la fase inicial de dilución del cemento. Este incremento de potencia se manifiesta de manera más patente durante el proceso de recuperación.

- Especialmente durante el proceso de recuperación. Aunque es habitual cuantificar la capacidad ante la compresión del hormigón tras 28 días de curado, el hormigón continúa incrementando su resistencia a lo largo del tiempo. Según Nigam & Verma (2024),

b) Resistencia a flexión

La capacidad de resistir ante la flexión se define como una característica mecánica del hormigón que cuantifica su habilidad para resistir fuerzas de tensión indirecta en el momento en que se somete a cargas que inducen flexión o deformidad. Esta propiedad resulta relevante para componentes estructurales como vigas, losas, pisos, entre otros, que son susceptibles a cargas longitudinales. Contrariamente en relación con la resistencia ante la compresión, que es superior, la firmeza en la flexión establece la habilidad del material hormigón para resistir esfuerzos en su superficie inferior, donde se generan tensiones de tracción durante la flexión.

El ensayo estandarizado a flexión se implementa en muestras prismáticas, comúnmente vigas rectangulares, que son sujetas a fuerzas en tres o cuatro lugares hasta su fractura. Esta evaluación proporciona medidas de resistencia en términos de megapascales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado (kgf/cm2). Los hallazgos son cruciales para el control de la excelencia del hormigón, especialmente en contextos en los que las fuerzas de tracción desempeñan un papel crucial. Según Khan et al., 2022

La firmeza ante la flexión se ve afectada por factores como el estándar del material, la

proporción agua y cemento, la morfología y dimensiones del agregado, así como la presencia de aditivos o refuerzos. La nanosílice potencia dicha capacidad al robustecer el compuesto del hormigón, reducir su porosidad y optimizar la conexión entre el material cementante y los componentes agregados. Además, la integración de fibras de acero o poliméricas potencia la capacidad de resistir a la flexión del hormigón al obstaculizar la propagación de fisuras (Khan et al., 2022)

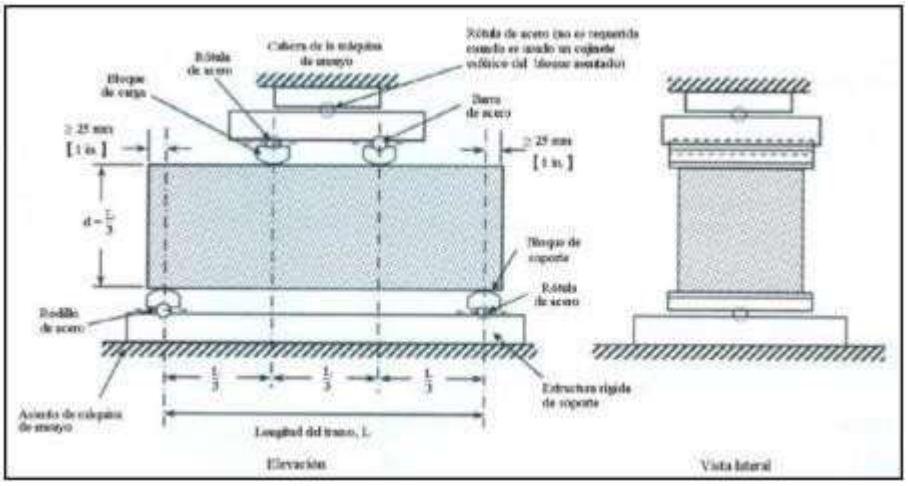
La capacidad de resistir al desgaste del hormigón suele oscilar entre el 10% y el 20% de su capacidad ante la compresión. No obstante, esta característica adquiere relevancia en situaciones donde el hormigón es sometido a cargas dinámicas y, repetitivas o tensiones de tracción de gran magnitud. En las estructuras de hormigón, la firmeza ante la flexión desempeña un papel controlador significativo en el control del agrietamiento prematuro y las fallas derivadas de la reiteración de cargas.

Un elemento a considerar radica en que, de manera similar como la resistencia ante la compresión, la capacidad ante la flexión está condicionada por el curado en la obra y la calidad de la instalación. Un curado adecuado garantiza la evolución integral de los atributos mecánicos de la estructura hormigón, mientras que una adecuada compactación y posición previene la formación de huecos o segregaciones que puedan debilitar su estructura.

En síntesis, la firmeza ante la flexión constituye un atributo indispensable en el campo de la ingeniería civil para estructuras que se encuentran sometidas a tensiones indirectas de impacto. A pesar de que su valoración es inferior a la de la consistencia ante la compresión, resulta crucial para asegurar la protección y sostenibilidad de componentes como los suelos o las vigas. La evolución de materiales de manera similar a la nanosílice y la tecnología contemporánea han potenciado esta propiedad, ajustando el concreto a las demandas contemporáneas de operatividad, durabilidad y sustentabilidad. Según Khan et al., 2022

Figura 3

Rotura a flexión



2.3 Marco conceptual

a. Asentamiento: Se caracteriza como el descenso o hundimiento del nivel de una edificación o superficie, inducido debido a la compactación del terreno, la solidez de elementos o por la aplicación de cargas sobre los mismos. El campo de la ingeniería civil se dedica a la aplicación de principios científicos para el diseño y construcción de estructuras e infraestructuras seguras y estables.

b. Concreto: Los componentes constitutivos del hormigón comprenden cemento, agregados (como arena, pedregoso o piedra triturada) y agua. El material hormigón se define como un material constructivo. La combinación de estos materiales genera un material moldeable que se endurece y adquiere una resistencia excepcionalmente alta. Nanosílice: Las partículas ultrafinas de dióxido de silicio que constituyen la nanosílice de tamaño nanométrico se emplean para modificar el concreto, optimizando sus características mecánicas, tanto físicas como químicas. Dentro de este marco, la nanosílice proporciona una amplia superficie específica y una elevada reactividad para densificar la microestructura de los concretos, potenciando su resistencia y durabilidad, minimizando su porosidad y transformándose en una solución innovadora y sostenible en el sector constructivo.

c. d. Resistencia de un material a ser comprimido o aplastado sin fracturarse bajo una carga de presión aplicada. El material hormigón y el metal representan dos materiales edificantes caracterizados por esta característica. Habitualmente se cuantifica en megapascales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (psi), constituyendo cierta de las propiedades más destacadas de los materiales de construcción.

d. Resistencia al desgaste por flexión: La habilidad de una estructura con el fin de resistir cargas que suelen provocar su doblamiento o flexionamiento sin provocar su fractura. Se trata de una característica aplicada a componentes estructurales que deben resistir las fuerzas producidas durante estos instantes flectores, tales como vigas y losas, tal como se caracteriza para determinar la resistencia de la estructura a dichas cargas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se refiere a un conjunto de métodos, intervenciones o procedimientos protocolizados utilizados para la indagación, exploración y certificación científica de un objeto particular. Dentro de este marco, la metodología ofrece un procedimiento sistemático que orienta la recolección, el análisis, la comparación y comprensión de información, con la finalidad de asegurar la fiabilidad y estabilidad de las conclusiones. El procedimiento de investigación abarca la elección de la modalidad de estudio, la definición de la investigación, los instrumentos y procedimientos con el fin de recolectar datos, además de las técnicas destinadas a el análisis de la información y la formulación de descubrimientos razonables (Rodríguez, 2020).

3.1 Diseño de la investigación

La planificación de la investigación constituye el esquema fundamental que dicta cómo recolectar, examinar y aplicar la información con el fin de contestar nuestras interrogantes de investigación. Dentro de los diversos diseños disponibles (descriptivo, experimental, correlacional, exploratorio...), el seleccionado será aquel que se alinee de manera más efectiva con las interrogantes y metas de la investigación (Villanueva, 2022).

El método de estudio adopta un enfoque experimental, dado que se alterará la proporción de nanosílice en calidad de variable autónoma con el objetivo de evaluar su influencia en el concreto

en estado de endurecimiento. Dentro de este marco, resulta viable establecer una correlación causal entre la aplicación de nanosílice y las propiedades mecánicas del hormigón (resistencia y manejabilidad del hormigón) bajo condiciones supervisadas para garantizar la precisión de los resultados obtenidos.

3.2 Métodos de la investigación

El procedimiento de investigación en general se define como un método estructurado destinado a la recolección y análisis de datos. Entre las metodologías más prevalentes se encuentran el cuantitativo, que implica la manipulación de datos estadísticos, y el cualitativo, que persigue interpretaciones enriquecidas o profundas del fenómeno en cuestión. La metodología a implementar se determinará en función del contenido deseada, es decir, del tipo de información que pueda albergar dicha oferta de información (Villanueva, 2020).

Se recurrirá a una metodología cuantitativa, ya que implica la recopilación de información cuantitativa de ensayo que comprenden desde la resistencia a la compresión hasta la resistencia a la flexión de los concretos modificados con variados porcentajes de nanosílice. Se llevará a cabo la evaluación de la información recopilada, que permitirá identificar patrones y alteraciones en relación con la concentración de nanosílice presente. Esta metodología permitirá la cuantificación del impacto de la aditiva en el concreto.

3.3 Nivel y tipo de investigación

3.3.1 *Tipo de la investigación*

La naturaleza de la indagación se establece en función del objetivo que busca alcanzar. La finalidad primordial de la investigación fundamental radica en la generación de conocimientos innovadores con el propósito de enriquecer la comprensión de un asunto específico; el estudio aplicado se dirige hacia la determinación de dificultades y/o la optimización de prácticas (Rodríguez, 2020).

Esta evaluación se clasifica como aplicada, dado que tiene como objetivo solucionar una problemática práctica: optimizar las características del hormigón mediante el uso de nanosílice. Esta metodología promueve la transferencia de conocimientos a la edificación regional, optimizando el estándar de los recursos y las técnicas edificadoras sustentables en

el distrito de Crucero.

3.3.2 *Nivel de la investigación*

El grado de investigación se refiere a la magnitud con la que se examina un evento. Esta podría ser de naturaleza exploratoria, siempre que se investiga sobre un tema desconocido; descriptiva, cuando se busca describir; correlacional, si se buscan relaciones; o explicativa, si se buscan causas y efectos (Villanueva, 2022).

El enfoque de la investigación es explicativo, ya que no solo se detalla la modificación de las características del material concreto a través de la adición de nanosílice, sino también las razones subyacentes de dichas modificaciones. Este nivel alcanza la comprensión de cómo el aditivo influye en la propiedad del material, basándose en teorías y evidencia empírica.

3.4 Población y muestra de la investigación

3.4.1 *Población*

La denominación "población objeto de estudio" alude a la totalidad de individuos, entidades, sucesos o unidades que exhiben una o más características compartidas y que son susceptibles de ser objeto de estudio en una investigación. Denota el conjunto de datos que el experto anticipa obtener para responder a las cuestiones planteadas en el estudio y alcanzar los objetivos establecidos. La comunidad puede ser restringida o infinitesimal, y simboliza la totalidad de los individuos seleccionados para el conjunto en el supuesto de que no sea viable realizar un estudio exhaustivo. La definición exacta de la población nunca será suficiente para garantizar la fiabilidad y credibilidad de los resultados del estudio (Iglesias, 2021).

La población engloba todas las variantes posibles de concreto generadas a partir de agregados provenientes de la cantera ubicada en Crucero, Carabaya. Esto engloba cualquier conjunto de materiales que poseen la capacidad de generar concreto de alta eficiencia.

3.4.2 *Muestra*

La "Muestra de Investigación" constituye una fracción de la comunidad escogida con el objetivo de representar a dicha población en el estudio. Esta determinación se realiza en el

momento en que resulta inviable o inaccesible investigar a la totalidad de la población debido a factores como plazo, medios o alcanzabilidad. La muestra objeto de análisis debe representar las características fundamentales de la población a muestrear, y las técnicas de muestreo, ya sean probabilísticas o no probabilísticas, constituyen un factor determinante para asegurar la confiabilidad y validez de los hallazgos y descubrimientos del estudio.

La mezcla se realizará utilizando efectivo real, compuestos auténticos para evaluar el impacto de la nanosílice. Las mezclas incorporaron diversos porcentajes de este aditivo (3%, 5%, 7% y 10% en el peso del cemento) junto con agregados locales provenientes de la cantera ubicada en el distrito de Crucero. Las muestras serán sometidas a análisis con el objetivo de identificar cualquier prueba que cumpla con los parámetros de trabajabilidad y resistencia.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 *Técnicas*

Se refiere a las técnicas, estrategias y intervenciones particulares que el investigador emplea para recolectar, analizar e interpretar la información en un estudio académico. Las técnicas constituyen métodos sistemáticos para la recopilación de datos, y su variedad depende de la clase de investigación, la naturaleza de los datos requerida (cualitativa o cuantitativa) y los propósitos del estudio. Ciertas metodologías de estudio incluyen sondeos, conversaciones, vigilancia presencial, análisis de documentos o experimentación. Una adecuada selección de técnicas será determinante para la confiabilidad de los hallazgos y para contestar las interrogantes planteadas en la investigación (Hadi et al., 2023).

Según Robles (2003), las técnicas e instrumentos de investigación son consustanciales a toda investigación, precisando la forma de interacción para recoger la información y el instrumento como soporte material y/o digital para capturarla, registrarla o medirla (el dato)". Por lo tanto, las técnicas e instrumentos de investigación se interrelacionan mutuamente, dado que necesariamente deben ensamblarse. La selección de una técnica de investigación demandará la utilización de instrumentos precisos, y viceversa. La selección de estos instrumentos y otros será determinada por los propósitos de la investigación, el diseño metodológico y la naturaleza de la información que se pretende recolectar.

Las metodologías investigativas comprenden la observación, la conversación, el sondeo, las preguntas, así como los experimentos. Cada enfoque cuenta con sus objetivos: las observaciones se utilizan para documentar comportamientos o eventos en tiempo real, las entrevistas se emplean para explorar la comprensión o experiencias de los involucrados, y los formularios se emplean para recoger información de manera organizada y rutinaria. Para las indagaciones experimentales, tal como en el análisis del carácter de elementos, la metodología es capaz de consistir en la ejecución de evaluaciones supervisadas en factores preestablecidas.

En segundo lugar, los instrumentos materiales que facilitan la implementación de las técnicas son las herramientas de investigación. Entre las herramientas disponibles se incluyen documentos de monitoreo, grabadoras, formularios en formato papel o digital, así como herramientas de laboratorio de alta especialización como balanzas, espectrómetros o cualquier otro instrumento de laboratorio en el contexto de la exploración científica. La precisión y adaptabilidad de los instrumentos son factores determinantes en la confiabilidad de los hallazgos; por lo tanto, tienen que ser elegidos, ajustados y verificados.

La congruencia entre las técnicas e instrumentos de estudio y los propósitos de la indagación es un requisito esencial. Por ejemplo, en una investigación cuantitativa, los instrumentos deben tener la capacidad de cuantificar de manera objetiva las variables, mientras que, en una investigación cualitativa, es necesario desarrollar instrumentos que faciliten la recolección de información exhaustiva y detallada. Además, es imperativo identificar criterios de validez y confiabilidad para asegurar que la evaluación alcance su propósito.

En síntesis, las técnicas e instrumentos de estudio se refieren a los instrumentos utilizados para recolectar y principalmente para manipular la información en un estudio académico. La correcta selección y aplicación de técnicas e instrumentos es un requisito para lograr resultados satisfactorios en la investigación que busca alcanzar los objetivos establecidos. En última instancia, una selección y aplicación apropiadas de técnicas e

instrumentos son fundamentales para la generación de conocimiento científico.

- Análisis documentario.
- Observación.
- Análisis de datos.

3.5.2 *Instrumentos*

Estos instrumentos o mecanismos son utilizados por el especialista con el fin de codificar la recolección estructurada y sistemática de sus resultados. Estos facilitan la medición, registro y adquisición de datos precisos sobre la muestra o comunidad bajo estudio, asegurando así la exactitud y uniformidad de los resultados recolectados. Tests, sondeos, conversaciones, orientaciones de monitoreo y niveles de evaluación son instrumentos utilizados. Simultáneamente, la selección y el desarrollo apropiado de los dispositivos son fundamentales para garantizar que los resultados recolectados a través de ellos resulten certeros, fiables y pertinentes para las finalidades establecidas (Hadi et al., 2023).

Las herramientas de investigación son instrumentos concebidos para recolectar datos que faciliten la respuesta a las interrogantes o hipótesis de un estudio; se ajustan a la modalidad de investigación y al diseño de análisis, bien sea cualitativo, cuantitativo o mixto. El diseño debe ser meticulosamente planificado para garantizar la validez y fiabilidad de los datos recogidos, es decir, garantizar que siempre mide lo que se anticipa que mide, a lo largo del tiempo y en diversas circunstancias.

En el contexto de la investigación cuantitativa, los instrumentos de investigación se manejan de manera similar, incluso se estandarizan: cuestionarios, escalas, encuestas o formularios de observación. Esto implica la extracción de datos cuantitativos para posteriormente su análisis estadístico. En el ámbito de la investigación cualitativa, los instrumentos son más adaptables y se ajustan conforme la investigación avanza: orientaciones de entrevista, reportajes de campo o grabadoras de audio, con el objetivo de captar la magnitud y diversidad de perspectivas, experiencias o fenómenos. Cada herramienta de investigación se ajusta a las exigencias del proceso y la población objeto de estudio.

La formulación y selección de un instrumento demandan validez (que efectivamente

cuantice lo que se pretende cuantificar) y fiabilidad (que sus puntuaciones queden consistentes). Además, su implementación debe ser adecuada para los contextos y las personas involucradas, con el objetivo de minimizar los sesgos que puedan contaminar los datos recabados de los individuos. Una encuesta deficientemente diseñada o gestionada bajo condiciones inapropiadas por los participantes puede producir datos imprecisos o de escasa relevancia. Dentro de este marco, los dispositivos no se limitan a ser meros instrumentos para la recolección de datos, sino que constituyen mecanismos para garantizar la validez y la relevancia de los datos derivados de sus investigaciones.

- Instrumentos de laboratorio.
- Ensayo en laboratorio.
- Registro de datos.

3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 *Validación*

Procedimiento para establecer si un dispositivo de investigación logra medir de manera precisa y continua lo que se pretende medir. Esta credibilidad se orientará hacia la adecuación, pertinencia y fiabilidad del instrumento para la recolección de datos que corroboren los propósitos del estudio. La validación implica la evaluación de la claridad y adecuación de los elementos o interrogantes, la realización de pruebas estadísticas, la revisión de contenido, forma y usabilidad por expertos. Un método verificado garantiza la legitimidad y fiabilidad de los resultados, potenciando así la investigación.

3.6.2 *Confiabilidad*

Se refiere a la capacidad de un dispositivo de investigación para cuantificar un evento o elemento en intervalos temporales distintos. Un dispositivo se puede considerar fiable si genera datos idénticos en aplicaciones repetidas bajo las mismas condiciones (reduce las fallas de evaluación), proporcionando información precisa y replicables. La determinación de la fiabilidad se realiza mediante técnicas como el indicador de consistencia interna (alfa de Cronbach), la evaluación comparativa o la fiabilidad entre jueces. Una elevada fiabilidad resulta imprescindible

para garantizar que los datos recolectados representen de forma precisa y coherente la realidad objeto de la investigación.

3.7 Procedimiento de recolección de datos

- **Obtención de los agregados**

Los materiales áridos son extraídos, sometidos a procesamiento y gradúados. Se incorporan materiales gradados en la combinación de concreto. La presente investigación se centrará en la extracción de agregados de la cantera situada en el distrito de Crucero, perteneciente a la provincia de Carabaya, en la región Puno. Este procedimiento implica la obtención de los recursos naturales, su clasificación en función de sus dimensiones, seguido de su lavado o limpieza, con el objetivo de garantizar las características físicas, químicas y mecánicas requeridas para su combinación con el concreto nanosílice.

Los áridos constituyen los elementos constitutivos del hormigón, representando entre el 60 y el 80% de su volumen. En el presente estudio, se examinará la repercusión de los áridos locales y la nanosílice en el hormigón en estado endurecido. En consecuencia, la producción de áridos debe exhibir las características auténticas que se ajustan al control de la cantera Crucero, en términos de granulometría, resistencia, absorción y humedad.

El procedimiento de adquisición debe adherirse a especificaciones técnicas estandarizadas (ASTM, NTP, entre otros) para garantizar la calidad o uniformidad del producto o material. Garantizando que los áridos cumplan con los parámetros requeridos para su mezcla en concretos, con el objetivo de determinar la incidencia de la nanosílice en las características mecánicas y la longevidad del hormigón.

- **Obtención del nanosílice**

La síntesis de nanosílice es una técnica controlada por métodos químicos de obtención y manipulación de materiales. La nanosílice, partículas ultrafinas de dióxido de silicio, se produce principalmente por precipitación química, sol-gel y combustión en fase gaseosa, que permiten controlar el tamaño de partícula (todas nanométricas) y mejorar las propiedades de las muestras (aumento de superficie específica, reactividad química, etc.) para mejorar el hormigón.

Nanosílice: La nanosílice utilizada en este proyecto se compra a proveedores certificados y con garantía de calidad y técnica internacional. Este material debe ser químicamente puro, de partículas uniformes y estable en forma de polvo o suspensión coloidal, porque todo ello redundará en bajos rendimientos cuando se mezcle con el concreto.

La búsqueda de un tipo de nanosílice que se ajuste a los objetivos de la investigación y corroborar su disponibilidad en el mercado y características morfológicas de cada material. Por otra parte, se verificará que el producto se ajusta a la especificación técnica para mezclarse con los áridos naturales del área de Crucero y establecer cómo influye el uso del aditivo en el material endurecido. Resistencia y durabilidad del mismo.

3.7.1 *Ensayos en laboratorio*

❖ **Contenido de humedad**

Procedimiento de recolección de pruebas junto con cuarteto: Se realizará el análisis y tratamiento del material de acuerdo con las normas NTP 400.010, ASTM C-702 o ASTM D-75, con la finalidad de garantizar la representatividad de la muestra seleccionada.

Elección de muestra:

- El peso requerido para el material fino es de 500 g.
- Con el fin de la aplicación de la mezcla gruesa, la masa del material seleccionada se determinará en función de su Tamaño Máximo Nominal (TMN).

- Peso inicial: 1. La muestra húmeda debe ser depositada en un contenedor apropiado y pesado (tara junto con la muestra húmeda). Integración de este peso.
- Procedimiento de deshidratación de la muestra:
- Proceda a tomar el contenedor que alberga la prueba y transportarlo a un punto térmico, garantizando que la condición térmica se mantenga a 110 ± 5 °C.
- El procedimiento de deshidratado debe continuar hasta lograr un peso constante; esto es, a medida que haya sido quitado plenamente la condensación.
- Total, Peso: Al finalizar la muestra haya sido seca, es imprescindible medir tanto el crisol como la muestra que está seca (peso crisol + muestra seca) y documentar el resultado obtenido.

- • Determinación de la humedad: El cálculo del volumen de líquido disminuida se realizará al extraer la masa inicial de la prueba húmeda se realizará.

❖ **Análisis granulométrico de los agregados**

- Procedimientos para la recolección de pruebas y preparación de muestras:
  - Es imperativo recolectar la muestra de acuerdo con las normas NTP 400.010, ASTM C-702 o ASTM D-75, con el propósito de garantizar que la prueba corresponda al conjunto en estudio.
  - Es imperativo que la muestra se someta a un proceso de secado a una temperatura de 110 ± 5 °C para conseguir una masa estable para suprimir de líquido.
- Muestra:
  - La masa de la prueba experimental será determinada por la clase de componentes empleado:
  - - Específicamente, arena: 500 g.
  - En el escenario de la gravedad, el peso se determinará basándose en el TMN, con un rango que fluctúa entre 2 y 5 kg.
- Método de elaboración de los tamices:
  - Es imperativo escoger un conjunto de granulometrías que satisfagan las exigencias de la evaluación, de acuerdo con las directrices ASTM C-136 o NTP 400.012. Las medidas más habitualmente utilizadas para la producción de agregados finos incluyen: 3/8", 4, 8, 16, 30, 50, 100, y 1 1⁄2", 1", 3⁄4", 1⁄2", 3/8". 4, destinado a materiales de gran grosor.
  - Alinea los tamices de abertura desde la parte superior hasta la inferior, posicionando el que tiene más abertura en la sección principal y el de menos abertura en la parte inferior, mediante un borde protector. Esta medida asegurará la habilidad de los tamices para recolectar el material.
  - - Desplegar el material seco concerniente al tamiz principal y poner los conjuntos de tamices en el aparato tamizador, o llevar a cabo el proceso de

tamizado a mano si no se cuenta con la herramienta apropiada.

- Se debe iniciar el funcionamiento de la máquina tamizadora durante un intervalo de 10-15 minutos, garantizando una distribución homogénea del material mediante los cilindros.
- En el escenario de una implementación manual, es imperativo agitar simultáneamente la batería de tamices, efectuando movimientos uniformes y rotatorios.
- Tras la finalización del procedimiento de clasificación, es imperativo realizar el peso de los materiales retenidos en todos los tamiz y documentar los pesos obtenidos.
- Es esencial también integrar la cantidad de la materia que atraviesa el tamiz de menor tamaño y se recolecta en la parte inferior del contenedor.
- La proporción acumulado en cualquier tamiz se calcula dividiendo la cantidad retida por la cantidad total del material recolectado y calculando dicha división por 100.
- La determinación de la cantidad completo acumulado se realiza mediante la incorporación de los índices retenidos en cualquier tamiz, procediendo de la parte superior a la parte inferior.
- - Determine el volumen de sustancia que atraviesa cualquier tamiz, excluyendo el 100% del índice total de retener.
- - Asegúrese de que el árido cumple con los límites permitidos con el fin de su utilización en concreto, contrastando los hallazgos con las características y límites de granulometría estipulados en la norma (NTP 400.037 o ASTM C-33), para determinar si el árido se encuentra dentro de los rangos permitidos o no.

❖ **Peso específico y absorción**

Procedimiento para Agregado Grueso

Procedimientos para la recolección de pruebas y su elaboración:

- La recolección de la muestra se llevará a cabo de acuerdo con las directrices

NTP 400.010, ASTM C-702 o ASTM D-75 vigentes.

- Se llevará a cabo la obtención de una prueba de aproximadamente 2 kg y su inmersión en agua durante un lapso de 24 ± 4 horas con el fin de garantizar la total saturación.

Establecimiento de la masa en un estado de saturación superficialmente seco (PSSS).

- Tras un intervalo de 24 horas, se requiere la extracción de la prueba y limpiarla mediante un utensilio absorbente hasta el instante en que la capa esté seca, evitando así el secado interno del agregado.
- La labor implica medir el material en la mencionada condición, registrando el valor en calidad de volumen en su totalidad seco (PSSS o Wss).

Establecimiento del peso sumergido:

- La prueba en estado de saturación debe ser introducida en un recipiente de acero lleno de agua. Durante el desarrollo de este procedimiento, resulta crucial garantizar que las partículas de aire no se encuentren confinadas en el líquido.
- El Peso Sumido, también denominado Wsub, simboliza la cantidad de la prueba que ha sido sumergida en agua.
- La prueba es introducida dentro del horno y sometida a un procedimiento de secado a un punto térmico de 110 ± 5 °C hasta lograr un peso constante, un proceso que puede durar aproximadamente 24 horas.
- Posterior al enfriamiento de la prueba a temperatura ambiente, se procederá a documentar el volumen seco (Wdry).

Conclusiones:

- El peso aparente específico (PEa) se determina mediante la aplicación de la ecuación siguiente: La PEa se determina mediante la fórmula WdryWs - WsubPEa.
- Especific Weight Saturated on Surface Seam (PESS): La definición de PESS se establece como WssWss − WsubPESS.

Procedimiento para Agregado Fino

- Procedimientos de muestreo y preparación:
  - Se procederá a recolectar muestras de agregado fino conforme a las normativas previamente citadas, en un volumen aproximado de 500 g.
  - La muestra debe ser inmersa en agua durante un periodo de 24 ± 4 horas.
  - Secado a un estado superficialmente seco saturado (SSSS):
  - Posterior a la inmersión, se debe proceder a escudriñar la muestra y a secarse de manera leve la superficie con un paño absorbente hasta que no se detecten gotas de agua sobre las partículas.
  - La muestra debe ser pesada y registrada como peso saturado superficialmente seco (Wss).
- Determinación del peso sumergido:
  - La tarea consiste en introducir la muestra en un contenedor con agua y agitar de manera delicada para liberar las burbujas de aire.
  - La tarea consiste en pesar la muestra sumergida y documentar su peso (Wsub).
- Deshidratación de la muestra:
  - Introducir la muestra en la estufa a una temperatura de 110 ± 5°C hasta que su peso se mantenga constante.
  - La muestra seca (Wdry) se debe pesar tras su enfriamiento a temperatura ambiente.
- Determinaciones:
  - Determinar el peso aparente específico (PEa) de la misma manera que se realiza para el agregado grueso: Donde: PEa = WdryWss − WsubPEa Donde: WsubPEa = PEa
  - Peso Específico Saturado en Surface Seam (PESS): PESS se define como WssWss − WsubPESS.

❖ **Asentamiento**

- Preparación del equipo y la muestra correspondiente.
    - Se debe mojar el cono de Abrams, la base y los instrumentos que se emplearán para prevenir la adherencia del concreto.
    - Posicionar el cono de asentamiento sobre la base metálica y asegurarlo con firmeza para evitar su desplazamiento durante el ensayo.
- Consolidación del cono de asentamiento:
    - Llenar el cono en tres capas de altura equivalentes:
    - La capa inicial: Incorporar hasta un tercio del cono.
    - Segundo estrato: Llenar hasta dos tercios de su estatura.
    - Tercer estrato: Proceder con la elevación del cono hasta el borde superior.
    - Cada capa será compactada utilizando la varilla de acero, aplicando 25 impactos de manera uniforme sobre la superficie. Al proceder con la compactación de la segunda y tercera capa, es imperativo introducir la varilla aproximadamente 2 cm en la capa inferior para asegurar una compactación efectiva.
    - Procedimiento de nivelación de la superficie:
    - Una vez que la capa final ha sido llenada y compactada, se debe enrasar el concreto utilizando la varilla o la llana, retirando el exceso y dejando al ras del borde superior del cono.
- Incremento del cono:
    - Se debe retirar el cono de asentamiento elevándolo verticalmente durante un período de 3 a 5 segundos, sin realizar ninguna sacudida del concreto ni desplazamiento de la base. El cono se eleva verticalmente, mientras que el concreto se asienta de manera libre.
- Proceso de medido de asentamientos:
    - Inmediatamente tras la extracción del cono, mide la separación entre la altura inicial del cono (30 cm) y la altura superior del concreto asentado. La

cuantificación corresponde a la altura del asentamiento y se expresa en centímetros.

- Resultados y Debate:
  - El valor del asentamiento debe ser registrado como la nota de la prueba.
  - El valor se emplea para calcular la capacidad de trabajo y la consistencia del hormigón fresco.
  - La evaluación debe llevarse a cabo en un entorno libre de vibraciones y exento de viento y sol, ya que estos factores pueden generar falsedades en los resultados.

❖ **Resistencia a compresión**

- Requisitos de Materiales y Equipos:
  - Máquina de prueba a compresión, calibrada y con la capacidad necesaria para producir la carga requerida.
  - Moldes de forma cilíndrica (15 cm de diámetro y 30 cm de altura) o cubos de dimensiones de 15 x 15 x 15 cm, según la preferencia.
  - Paleta y varilla compactadora de acero, con una longitud de 60 cm y un diámetro de 16 mm.
  - - Vibrador de hormigón (opcional para compactación).
  - - Cámara de curado o horno para regular la temperatura y la humedad.
  - Periodómetro.
  - Procedimiento detallado de manera detallada.

- Procedimiento de preparación de la muestra:
  - El proceso consiste en mezclar el concreto conforme a la dosificación y las especificaciones del diseño. Verifique la homogeneidad de la mezcla.

- Dividir el concreto en moldes en dos o tres capas equivalentes, en función de la dimensión del molde. Cada capa será compactada mediante el uso de la varilla de acero, aplicando 25 impactos uniformes para eliminar las burbujas de aire y asegurar el relleno adecuado.

- Proceso de curación de la muestra:

  - Una vez que el molde ha sido llenado y compactado, se debe enrasar la superficie del concreto con una llana y cubrir los moldes con plástico o tela húmeda para evitar la evaporación de la agua.

  - Las muestras deben permanecer endurecidas durante 24 horas en los moldes.

  - Tras este período, se procederá a desmoldar las muestras y sumergirlas en agua a una temperatura de 23 ± 2°C hasta el momento de la prueba, asegurando de este modo un curado óptimo durante 7, 14 o 28 días, según se requiera.

- Procedimientos para la realización del ensayo de compresión:

  - Tras la finalización del período de curado, se debe extraer una muestra del agua y permitir su escursión para eliminar el agua superficial.

  - Proceder a la limpieza y secado de la superficie de la muestra para asegurar su contacto con las placas de la máquina de ensayo.

  - Posicionamiento de la muestra en el dispositivo de compresión:

  - Posicionar la muestra en el centro de la base de la máquina de pruebas a compresión y garantizar su alineación para prevenir cargas excéntricas.

  - Modificar la parte superior de la máquina de manera que las placas de carga se encuentren en contacto directo con la muestra.

- Carga empleada:

  - Implementar la carga de manera ininterrumpida y sin impactos, a una velocidad de carga que oscile entre 0.25 y 0.35 MPa/s hasta la falla por compresión de la muestra.

  - En el transcurso de la aplicación de la carga, es imperativo mantener un seguimiento riguroso de la muestra y documentar la carga máxima antes de la falla.

- Determinación de la resistencia a la compresión:

  - La resistencia a la compresión se determina a través de la siguiente ecuación: fc=P/A

  - Ubicación:

  - La resistencia a la compresión del concreto (MPa o kgf/cm2) se define como fc.

  - P representa la carga máxima que se aplica en el instante de la falla (N o kgf).

  - A = Área transversal de la muestra (en centímetros cuadrados o metros cuadrados).

- Resultados y Debate:

  - Se debe documentar la resistencia a la compresión de cada muestra y realizar un promedio de los resultados para determinar la resistencia a la compresión del hormigón.

  - Comparar los hallazgos con los valores de diseño y verificar su conformidad con las especificaciones correspondientes al tipo de hormigón utilizado.

3.8 Procesamiento y análisis de datos

La fase de procesamiento y análisis de datos implica la organización, categorización y análisis de los datos recolectados con el objetivo de transformarlos en información valiosa. En esta fase se implementan técnicas y programas informáticos para la limpieza, organización y análisis de los datos, facilitando la identificación de patrones, tendencias, relaciones, entre otras, entre las variables objeto de estudio. El objetivo es interpretar los datos de forma imparcial y uniforme, facilitando la formulación de conclusiones derivadas de los objetivos establecidos y la formulación de recomendaciones basadas en los datos recopilados. Este es el procedimiento que posibilita la comprobación de la hipótesis y la consecución de la fiabilidad y validez del estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Este capítulo expone los hallazgos derivados de la incorporación del nanosilice, los cuales se presentan de forma más exhaustiva a través de tablas y representaciones gráficas. Además, se especifican las propiedades de los agregados provenientes de la cantera Isla.

a. Humedad

Tabla 2

Humedad

Contenido de humedad	
Agregados	%
Finos	3.40
Gruesos	2.85

La evaluación de la humedad de los agregados reveló que la concentración de agua en el agregado fino ascendió al 3.40%, lo que indica un elevado grado de absorción higroscópica y una elevada retención de agua evaporativa. Se registró una humedad relativa marginalmente inferior, del 2.85%, lo que evidencia una menor cantidad de agua adsorbida como resultado de su superficie específica reducida.

b. Peso específico y absorción

Tabla 3

Absorción y peso específico del agregado

Agregados	P. específicos (gr/cm3)	Absorción (%)
Grueso	2.29	3.10
Fino	2.49	3.69

La tabla presenta las magnitudes de absorción y el peso específico correspondientes a dos categorías de agregados: grueso y fino. El peso específico del agregado grueso es de 2.29 gr/cm3, con una absorción del 3.10%, mientras que el agregado fino presenta un peso específico superior de 2.49 gr/cm3 y una absorción del 3.69%. Este argumento sostiene que la reducida dimensión del agregado fino incrementa su densidad, resultando en una porosidad interna reducida pero una absorción superior debido a su mayor superficie específica, en comparación con el agregado grueso. Estos valores se emplean para la dosificación de la cantidad de agua presente en mezclas de concreto.

c. Peso unitario compacto y suelto

Tabla 4

Pesos unitarios

PESO UNITARIO (SUELTO)		
	Agregado fino	**Agregado grueso**
Promedio(gr/cm3)	1.522	1.430
Peso unitario (VARILLADO)		
Promedio(gr/cm3)	1.731	1.549

Los resultados indican que tanto el fino como el grueso experimentan un incremento en su peso unitario cuando se compactan con varillado. Esta modificación es más evidente en el fino debido a su mayor habilidad para reducir vacíos en estado compactado. Esta información es fundamental para establecer las proporciones volumétricas en el diseño de mezclas de concreto.

d. Gradación

Tabla 5

Distribución granulométrica del agregado grueso

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	**100.00**
1"	25.400	21.65	0.62	0.62	**99.38**
3/4"	19.050	254.68	7.28	7.90	**92.10**
1/2"	12.700	586.24	16.75	24.64	**75.36**
3/8"	9.525	1087.65	31.08	55.72	**44.28**
1/4"	6.350	864.55	24.70	80.42	**19.58**
No4	4.760	685.23	19.58	100.00	**0.00**
BASE.		0.	0	100.0	0
TOTAL.		3500.0	100.0		
%PERDIDA		0			

Figura 4

Distribución granulométrica del agregado grueso

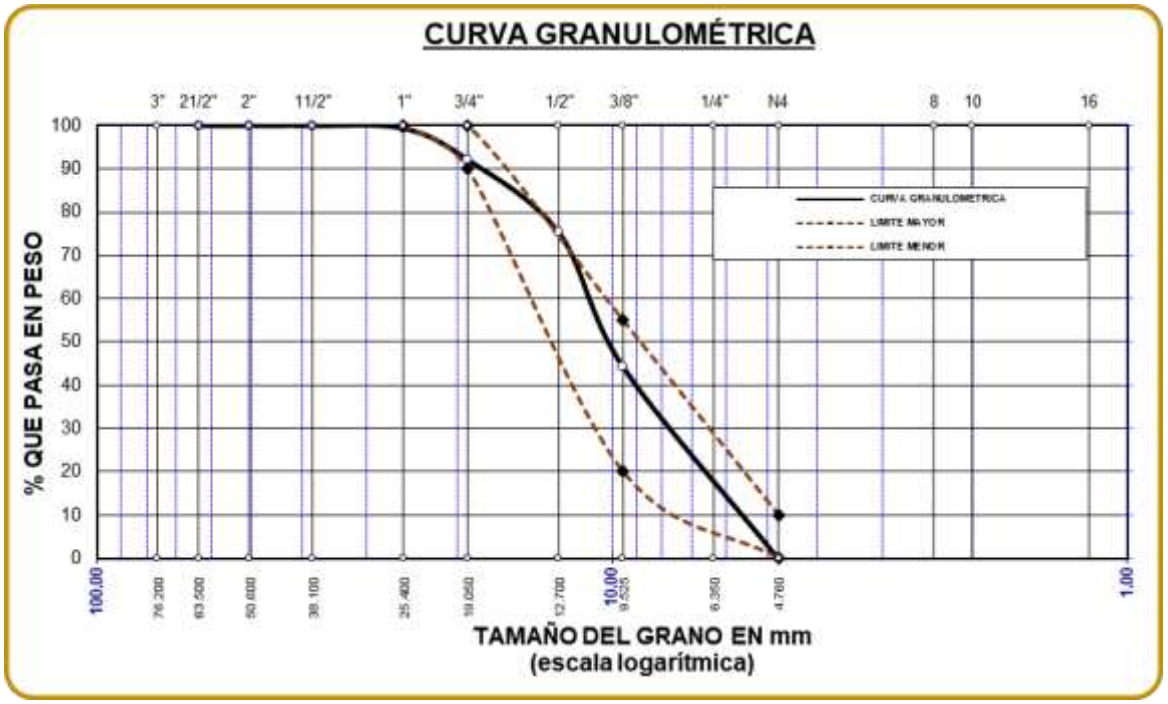


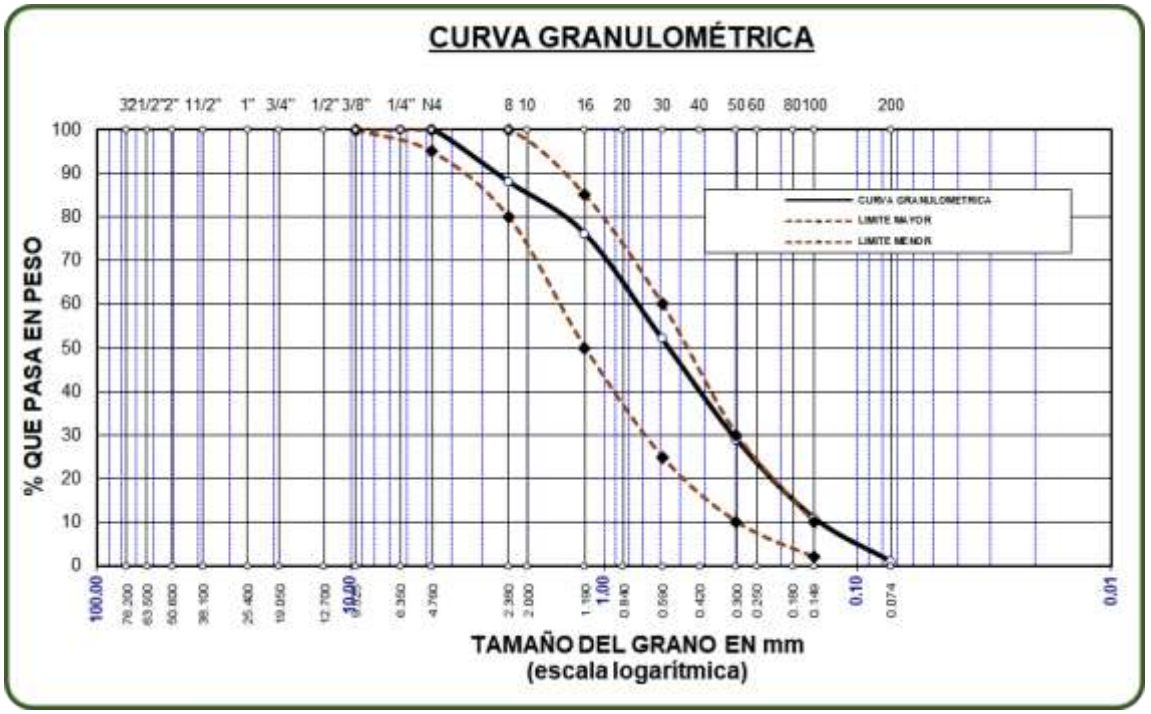
Tabla 6

Composición granulométrica-agregado fino

TAMICES	ABERTURA	PESOS RETENIDOS	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDOS ACUMULADOS	% QUE PASA
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	**100.00**
No8	2.380	60.12	12.02	12.02	**87.98**
No16	1.190	59.24	11.85	23.87	**76.13**
No30	0.590	120.34	24.07	47.94	**52.06**
No 50	0.300	115.62	23.12	71.06	**28.94**
No100	0.149	89.41	17.88	88.95	**11.05**
No200	0.074	50.21	10.04	98.99	**1.01**
BASE		5.06	1.01	100	**0.00**
TOTAL		500.00	100.00		
% PERDIDA		1.01			

Figura 5

Composición granulométrica-agregado fino



Diseño de mezcla

a. Para determinar el factor de cemento, necesitamos emplear la correlación entre la relación agua/cemento (a/c) y el contenido de agua en la mezcla.

$$y'cr = 210 + 84 = 294\ kg/cm2$$

asentamiento de 3" a 4" y TMN de 3/4":

Dado:

Resistencia promedio ($f'cr$): 294 kgf/cm²

Contenido de agua: 205 kgf/m³

Relación agua/cemento (a/c): 0.56

b. Factor de cemento:

$$\mathbf{a = 205.00}$$

$$\mathbf{a/c = 0.56}$$

$$\mathbf{205/c = 0.56}$$

$$\mathbf{c = 366.00\ kg/m3}$$

Tabla 7

Mezcla de componentes para concreto

AGREGADO	DOSIFICACIONES EN PESOS HÚMEDOS	PROPORCIÓN EN VOLUMENES
	(Kgf/m3)	PESO HÚMEDO
Cemento	366	1.00
Agua	208	0.57
Agreg. Grueso	1048	2.86
Agreg. Fino	496	1.35
Aire	2.0 %	

La tabla especifica las proporciones en pesos húmedos y proporciones volumétricas de los componentes de la mezcla de hormigón: cemento, agua, agregado grueso, fino y aire. La

concentración del cemento se establece en 366 kgf/m3, con una proporción de 1.00. El agua presenta una concentración volumétrica de 208 kgf/m3, con una proporción volumétrica de 0.57. El grueso es el más dosificado, con una proporción volumétrica de 1048 kgf/m3 y 2.86, mientras que el fino presenta una proporción volumétrica de 496 kgf/m3 y 1.35. Adicionalmente, se presenta un contenido de aire del 2.0%, un factor crucial para la manejabilidad y durabilidad del hormigón. Esta información resulta esencial para la dosificación y la obtención de las propiedades requeridas en el diseño de mezcla.

Figura 6

Proporciones del diseño de mezcla



Se evidencia que las proporciones de los componentes en la mezcla de concreto revelan una mayor participación del agregado grueso en comparación con los demás elementos.

Tabla 8

Mezcla según las diferentes muestras

Componentes	Dosificación en peso húmedo				
	ME	3% NS	5% NS	7% NS	10% NS
Cemento	366	366	366	366	366
Agua	208	208	208	208	208
A. Grueso	1048	1048	1048	1048	1048
A. Fino	496	496	496	496	496

Nano sílice	-	10.98	18.3	25.62	36.6

Se presenta el diseño de mezclas agregando el nanosilice .

4.1.1 *Análisis el efecto del nanosílice en dosificaciones variables*

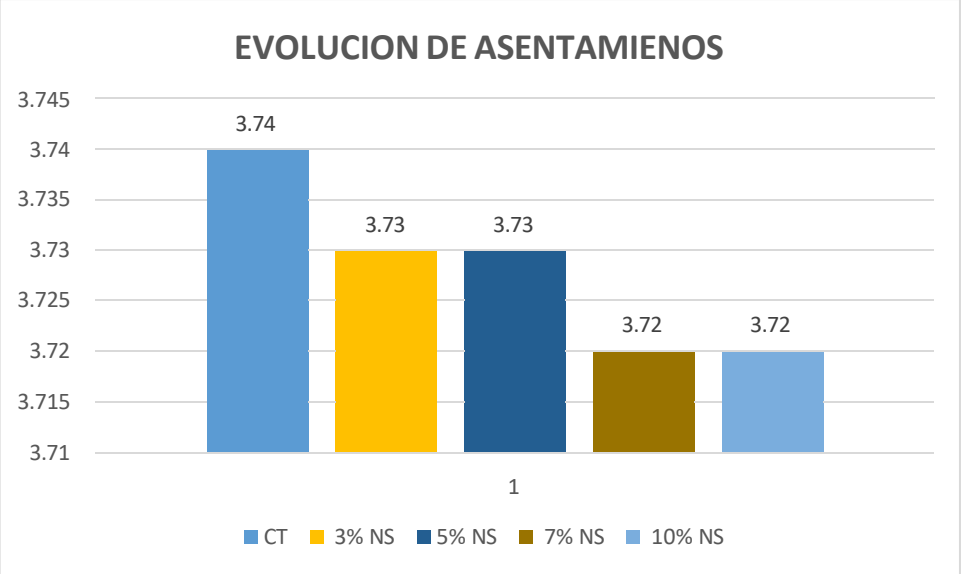
Tabla 9

Asentamiento de la mezcla tradicional y las mezclas con desecho de cerámico

Descripción	Slump- pulg	Promedio
CT	3.73	3.74
	3.75	
	3.75	
3% NS	3.73	3.73
	3.73	
	3.74	
5% NS	3.51	3.73
	3.5	
	3.49	
7% NS	3.18	3.72
	3.15	
	3.13	
10% NS	2.85	3.72
	2.83	
	2.8	

Figura 7

Asentamiento de la mezcla tradicional y las mezclas con Nano sílice



La representación gráfica ilustra la fluctuación de los asentamientos del hormigón en función de variados porcentajes de nanosílice (NS) y un diseño control (CT) en pulgadas. El diseño de tomografía computarizada sin nanosílice presenta un asentamiento más elevado, con un promedio de 3.74 pulgadas, lo que indica una mayor capacidad de trabajo de la mezcla. La incorporación de nanosílice resulta en una reducción marginal en los asentamientos, siendo de 3.73 pulgadas en las mezclas con 3% y 5% de nanosílice y de 3.72 pulgadas en los diseños con 7% y 10% de nanosílice. Esto sugiere que la nanosílice, dada su fina granulometría y capacidad de absorción, altera levemente la trabajabilidad del hormigón, incrementando su coherencia.

4.1.2 *Evaluación de la incorporación de nanosílice en la resistencia a compresión*

Tabla 10

Compresión simple del concreto común y con nanosílice -7días

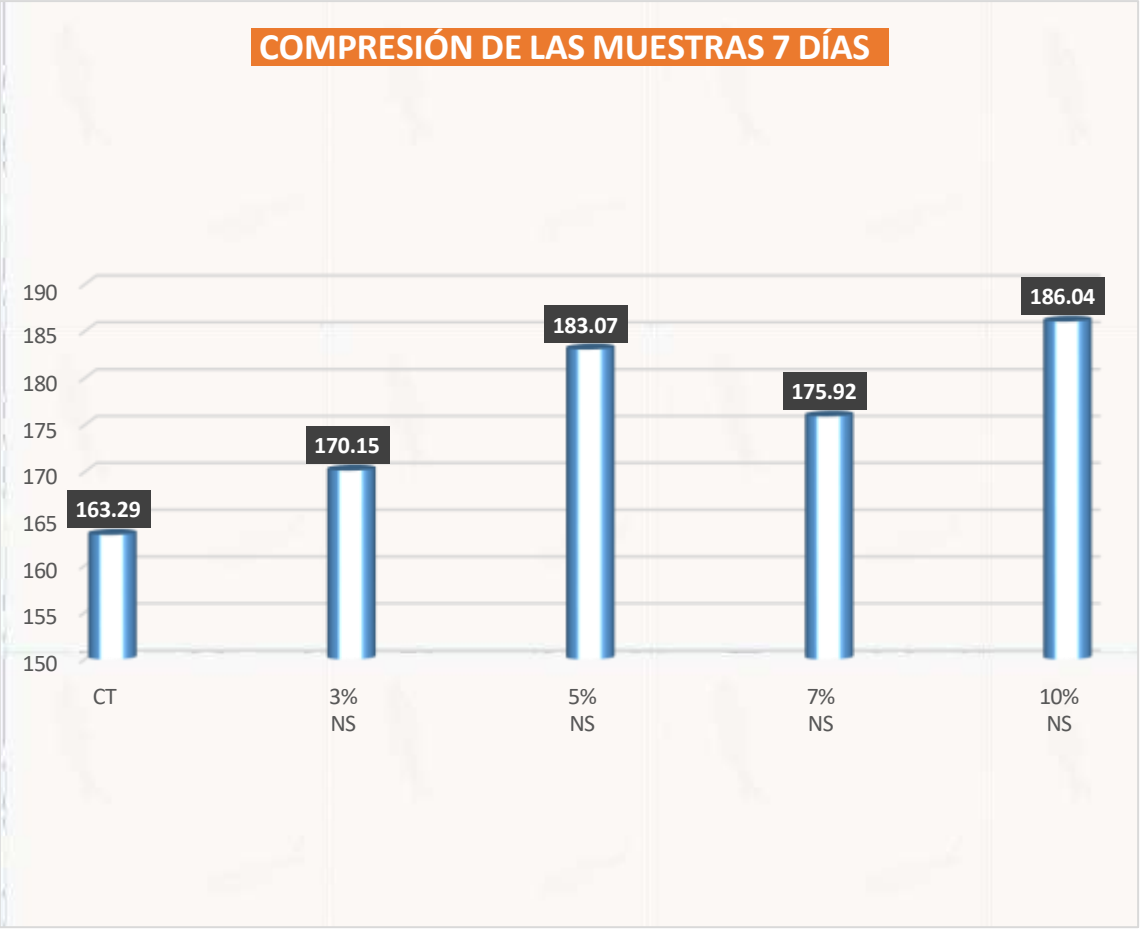
Días	Diseño	Muestra	Carga	Esfuerzo de rotura Kgf/cm2	Promedio
	CT	RT.-1	28864	163.12	163.29
		RT.-2	28855	163.72	
		RT.-3	28894	163.29	
		RT.-4	28822	163.54	

		RT.-5	28806	162.79	
7	3% NS	RT.-6	30015	169.62	170.15
		RT.-7	30128	170.26	
		RT.-8	30094	170.75	
		RT.-9	30045	170.47	
		RT.-10	30016	169.63	
	5% NS	RT.-11	32306	182.57	183.07
		RT.-12	32310	182.59	
		RT.-13	32345	183.52	
		RT.-14	32354	183.58	
		RT.-15	32396	183.08	
	7% NS	RT.-16	34442	194.64	194.84
		RT.-17	34485	194.89	
		RT.-18	34450	194.69	
		RT.-19	34511	195.03	
		RT.-20	34500	194.97	
	10% NS	RT.-21	32804	185.88	186.04
		RT.-22	32885	186.09	
		RT.-23	32807	185.9	
		RT.-24	32894	186.64	
		RT.-25	32813	185.68	

Los resultados de la resistencia a la compresión del hormigón a los 7 días de edad para un diseño control (CT) sin nanosílice (NS) y para las mezclas con nanosílice (3%, 5%, 7% y 10%) se exponen en la tabla. Se especifican las cargas de aplicación máximas y los esfuerzos de rotura en kgf/cm2 para cada muestra, así como el promedio por diseño. La resistencia promedio del diseño CT es de 163.29 kgf/cm2, mientras que las combinaciones con nanosílice incrementan progresivamente su resistencia, alcanzando un máximo promedio de 194.84 kgf/cm2 con un 7% de nanosílice. No obstante, con un 10% de nanosílice, experimenta una reducción marginal a 186.04 kgf/cm2, lo que sugiere que la dosis óptima de nanosílice para optimizar la resistencia a la compresión es aproximadamente el 7%.

Figura 8

Compresión simple del concreto común y con nanosílice-7días



La representación gráfica ilustra la fluctuación de la resistencia a la compresión de combinaciones de concreto con variados porcentajes de nanosílice (NS) y una control (CT) a los siete días. Se observa que el diseño CT presenta la resistencia media más baja, con 163.29 kgf/cm2, mientras que las mezclas enriquecidas con Nitrógeno (NS) incrementan significativamente su resistencia hasta alcanzar 170.15 kgf/cm2 con un 3% de NS y 183.07 kgf/cm2 con un 5% de NS. Aunque el 7% de nanosílice experimenta una disminución marginal a 175.92 kgf/cm2, el 10% de nanosílice alcanza el valor más elevado con 186.04 kgf/cm2, lo que evidencia que la resistencia se optimiza generalmente al incorporar nanosílice. Sin embargo, puede existir una dosis óptima que oscile entre el 5% y el 10%.

Tabla 11

Compresión simple del concreto común y con nanosílice -14días

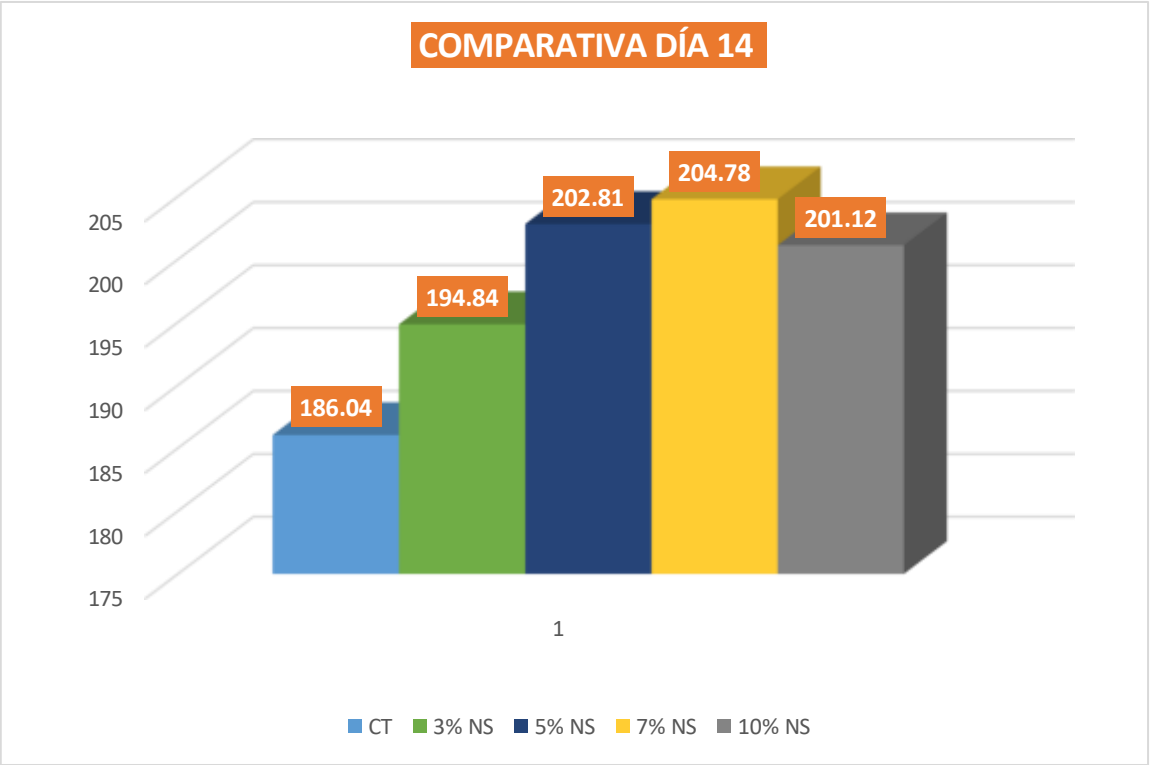
Días	Diseño	Muestra	Carga	Esfuerzo de rotura Kgf/cm2	Promedio
14	CT	RT.-1	32804	185.88	186.04
		RT.-2	32885	186.09	
		RT.-3	32807	185.9	
		RT.-4	32894	186.64	
		RT.-5	32813	185.68	
	3% NS	RT.-6	34442	194.64	194.84
		RT.-7	34485	194.89	
		RT.-8	34450	194.69	
		RT.-9	34511	195.03	
		RT.-10	34500	194.97	
	5% NS	RT.-11	35871	202.72	202.81
		RT.-12	35879	202.76	
		RT.-13	35918	202.98	
		RT.-14	35880	202.77	
		RT.-15	35886	202.8	
	7% NS	RT.-16	36284	205.05	204.78
		RT.-17	36260	205.74	
		RT.-18	36274	205.00	
		RT.-19	35852	203.42	
		RT.-20	36235	204.78	
	10% NS	RT.-21	35652	201.48	201.12
		RT.-22	35674	202.41	
		RT.-23	35695	201.72	
		RT.-24	35684	202.47	
		RT.-25	34950	197.51	

La tabla exhibe los hallazgos de la prueba de compresión simple del hormigón a los 14 días para un diseño control (CT) y mezclas con variados porcentajes de nanosílice (NS). El diseño computarizado (CT) alcanza una resistencia de 186.04 kgf/cm2, mientras que las combinaciones con 3% y 5% de nitrógeno sintético (NS) incrementan significativamente hasta alcanzar 194.84 kgf/cm2 y 202.81 kgf/cm2, respectivamente; esta última constituye la dosis óptima para optimizar la resistencia. Con una resistencia promedio del 7% de cemento sólido, se observa una leve elevación a 204.78 kgf/cm2. Sin embargo, al incrementarse al 10% de cemento sólido, la resistencia disminuye a 201.12 kgf/cm2. Esto evidencia que porcentajes superiores tienden a reducir o estabilizar la resistencia debido a los efectos adversos sobre la cohesión o la microestructura del concreto. Esto sugiere que un nivel específico de

nanosílice potencia las propiedades mecánicas del material en cuestión.

Figura 9

Compresión simple del concreto común y con nanosílice-14días



La representación gráfica contrasta la resistencia a la compresión simple de concreto ordinario y combinaciones con diversos porcentajes de nanosílice (NS) a los 14 días, expresada en kgf/cm2. El diseño control (CT) presenta el valor más bajo con 186.04 kgf/cm2. Sin embargo, la adición de 3% y 5% de Nitrógeno sintético (NS) conduce a un incremento en su resistencia a 194.84 kgf/cm2 y 202.81 kgf/cm2, respectivamente. En este contexto, el 5% de NS constituye la dosificación óptima para optimizar la resistencia. Con un grado de resistencia del 7%, la resistencia se incrementa ligeramente hasta alcanzar 204.78 kgf/cm2, el valor más elevado representado en el gráfico. No obstante, al incrementar el 10% de nanosílice, la resistencia disminuye a 201.12 kgf/cm2, lo que evidencia que un exceso de nanosílice puede resultar perjudicial. La representación gráfica indica que la incorporación de nanosílice fortalece el concreto; la proporción óptima se sitúa entre el 5% y el 7%.

Tabla 12

Compresión simple del concreto común y con nanosílice -28días

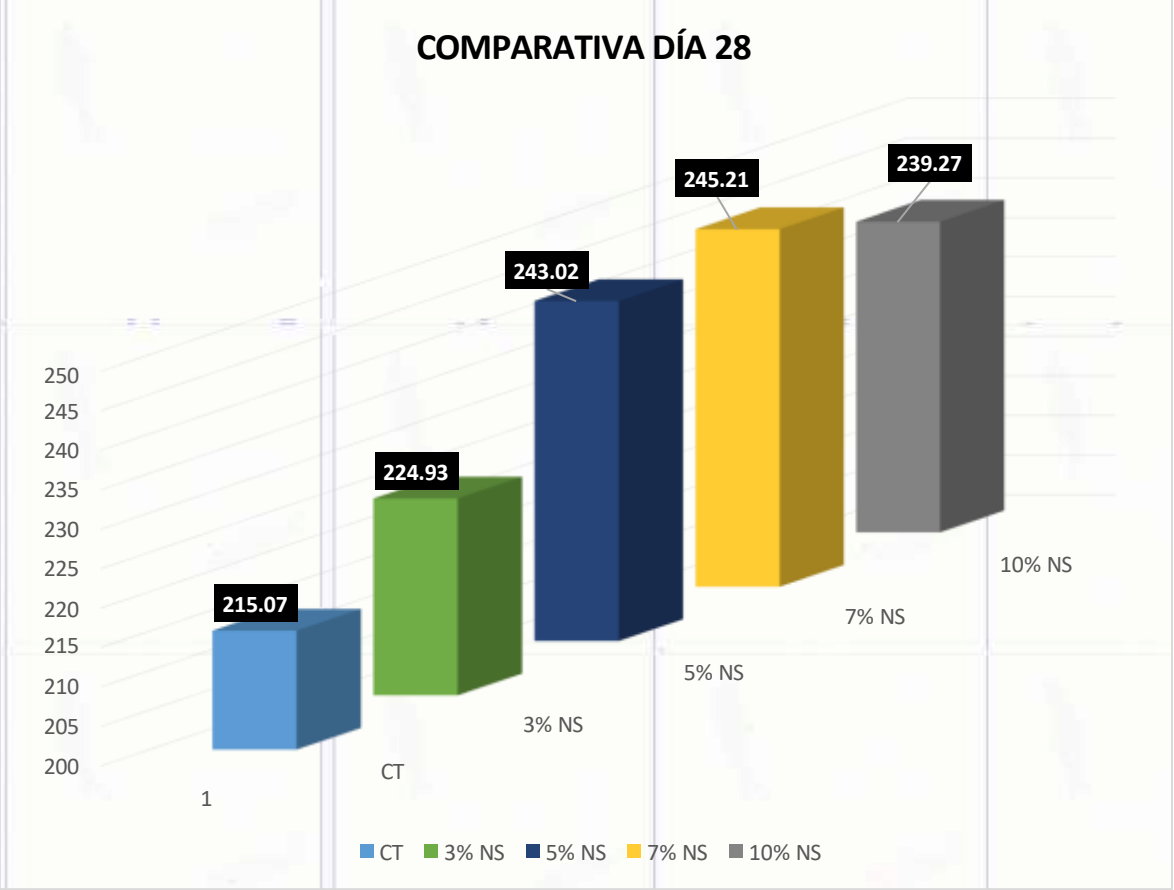
Días	Diseño	Muestra	Carga	Esfuerzo de rotura Kgf/cm2	Promedio
28	CT	RT.-1	37994	214.72	215.07
		RT.-2	37995	214.72	
		RT.-3	37998	214.74	
		RT.-4	37999	215.61	
		RT.-5	37997	215.59	
	3% NS	RT.-6	39784	224.83	224.93
		RT.-7	39756	225.57	
		RT.-8	39724	224.49	
		RT.-9	39795	224.89	
		RT.-10	39788	224.85	
	5% NS	RT.-11	42965	242.81	243.02
		RT.-12	42990	243.92	
		RT.-13	42964	242.8	
		RT.-14	42982	242.9	
		RT.-15	42940	242.67	
	7% NS	RT.-16	43309	244.75	245.21
		RT.-17	43520	246.93	
		RT.-18	43569	246.22	
		RT.-19	43239	245.34	
		RT.-20	42964	242.80	
	10% NS	RT.-21	42326	239.20	239.27
		RT.-22	42281	239.90	
		RT.-23	42243	238.73	
		RT.-24	42344	240.26	
		RT.-25	42164	238.28	

La tabla presenta los hallazgos de la compresión simple del hormigón a los 28 días para un diseño control (CT), así como las mezclas con variados porcentajes de nanosílice (NS). El promedio del diseño CT se sitúa en 215.07 kgf/cm2, no obstante, las combinaciones con nanosílice presentan un incremento significativo. Con un incremento del 3% de Nitrógeno (NS), la resistencia se incrementa a 224.93 kgf/cm2, mientras que con un 5% se incrementa a 243.02 kgf/cm2, lo que representa una mejora significativa. El valor más elevado se alcanza con un 7% de Nitrógeno Sódico (NS), con un promedio de 245.21 kgf/cm2, lo que evidencia que esta dosificación es la más efectiva para alcanzar la resistencia máxima. No obstante, con un 10% de nanosílice, la resistencia disminuye a 239.27 kgf/cm2, lo que evidencia que un exceso de nanosílice puede reducir los resultados obtenidos. Esto evidencia que la nanosílice fortalece la resistencia a la compresión; su eficacia máxima se alcanza

aproximadamente al 7%.

Figura 10

Compresión simple del concreto común y con adición nanosílice 28 días



La representación gráfica contrasta la resistencia a la compresión del hormigón a los 28 días de un diseño control (CT) y mezclas con variados porcentajes de nanosílice (NS) expresados en kilogramos por cm2. El diseño CT presenta el valor más bajo, con un valor de 215.07 kgf/cm2, mientras que las combinaciones con nanosílice experimentan un incremento progresivo hasta alcanzar un 7%. Con un 3% de Nitrógeno Sódico (NS), la resistencia se eleva hasta 224.93 kgf/cm2, con un 5% hasta 243.02 kgf/cm2, y la máxima se alcanza con un 7% hasta 245.21 kgf/cm2, lo que evidencia que esta dosis optimiza la resistencia a los 28 días. No obstante, al aplicar un 10% de nanosílice, la resistencia disminuye a 239.27 kgf/cm2, lo que evidencia que un uso excesivo de nanosílice puede resultar perjudicial. La representación gráfica indica que la nanosílice fortalece el concreto; su eficacia se sitúa entre el 5% y el 7%.

Tabla 13

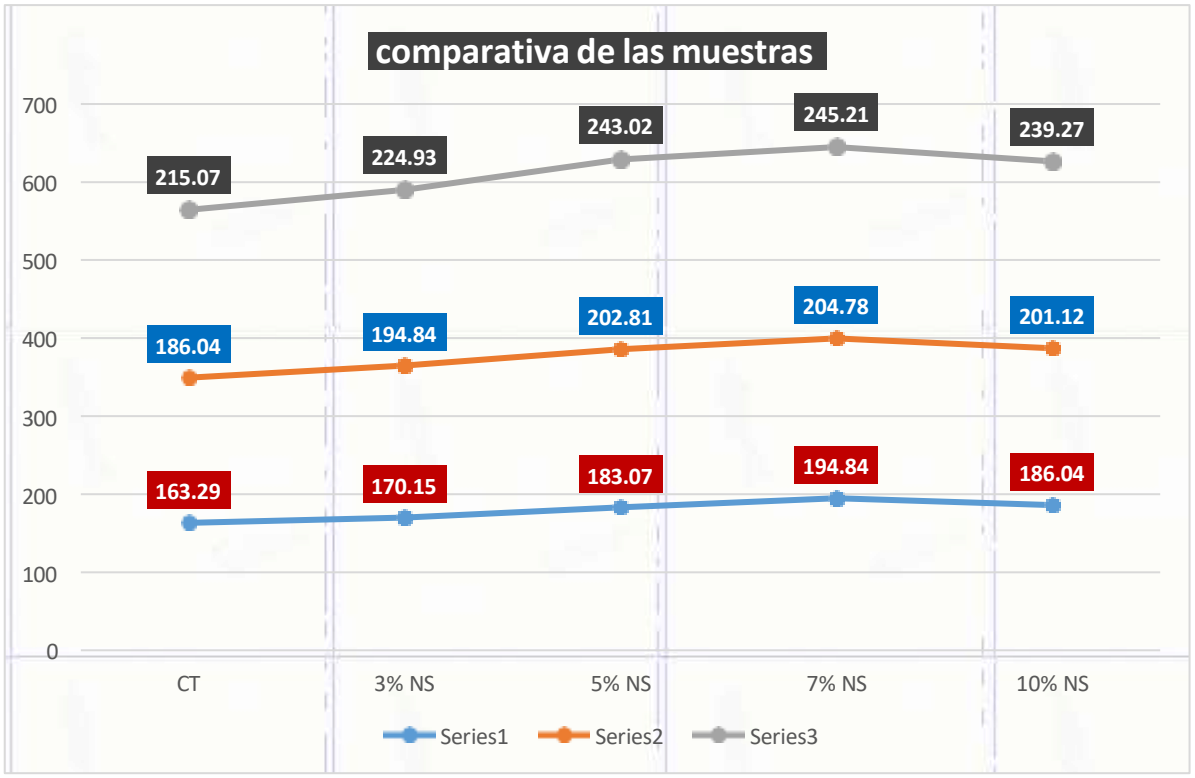
Comparativa de compresión simple con nanosílice

Comparativa de resistencias con NANOSÍLICE			
Descripción	**7**	**14**	**28**
CT	163.29	186.04	215.07
3% NS	170.15	194.84	224.93
5% NS	183.07	202.81	243.02
7% NS	194.84	204.78	245.21
10% NS	186.04	201.12	239.27

La tabla contrasta las resistencias de concreto a la compresión (en kgf/cm2) con y sin nanosílice (NS) a diversas etapas de curado: 7, 14 y 28 días. La resistencia del diseño control (CT), sin nanosílice, se incrementa progresivamente, alcanzando los niveles de 163.29 kgf/cm2 a los 7 días, 186.04 kgf/cm2 a los 14 días y 215.07 kgf/cm2 a los 28 días. Se observa un incremento significativo en la resistencia, particularmente en porcentajes que oscilan entre el 5% y el 7%. Con una resistencia del 5%, las resistencias alcanzan niveles de 183.07 kgf/cm2, 202.81 kgf/cm2 y 243.02 kgf/cm2 a los 28 días. No obstante, al aplicar un 10% de Nylon, las resistencias experimentan una disminución a 186.04 kgf/cm2, 201.12 kgf/cm2 y 239.27 kgf/cm2, lo que evidencia que porcentajes superiores no necesariamente conllevan mejoras. Habitualmente, la nanosílice fortalece el hormigón; la proporción óptima se sitúa entre el 5% y el 7%.

Figura 11

Comparativa de compresión simple con nanosílice



La representación gráfica contrasta las resistencias a la compresión del hormigón con y sin nanosílice (NS) a diversas etapas de curado (7, 14 y 28 días), expresadas en kgf/cm2. La línea Diseño Control (CT) exhibe los valores más reducidos en las tres etapas de la investigación: 163.29 kgf/cm2 a los 7 días, 186.04 kgf/cm2 a los 14 días y 215.07 kgf/cm2 a los 28 días. Las combinaciones de nanosílice con un 3% y 5% evidencian incrementos notables en la resistencia, alcanzando valores máximos de 194.84 kgf/cm2 y 202.81 kgf/cm2 a los 14 días, y 224.93 kgf/cm2 y 243.02 kgf/cm2 a los 28 días, respectivamente. El 7% de la población normal experimenta el incremento más significativo, alcanzando un valor de 194.84 kgf/cm2 a los 7 días, 204.78 kgf/cm2 a los 14 días y alcanzando un máximo de 245.21 kgf/cm2 a los 28 días. No obstante, los valores del 10% de Nitrógeno Sistémico experimentan una disminución, resultando en 186.04 kgf/cm2, 201.12 kgf/cm2 y 239.27 kgf/cm2 a los 7, 14 y 28 días, respectivamente. Este hallazgo evidencia que la nanosílice refuerza el concreto en gran medida; su eficacia oscila entre el 5% y el 7%, y su efectividad disminuye conforme se

incrementa su concentración.

Tabla 14

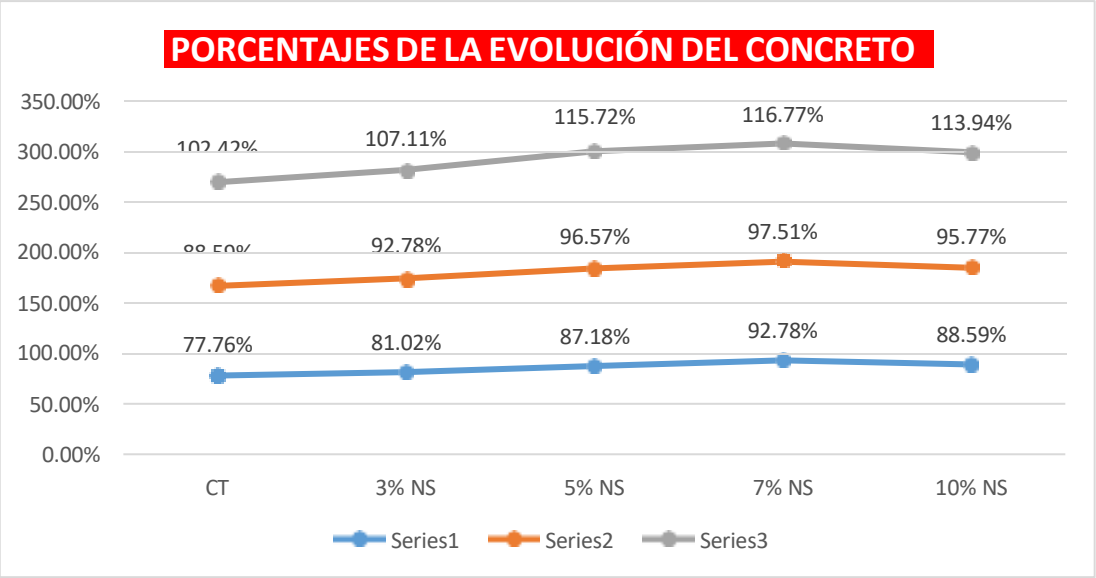
Comparativa de compresión simple en porcentajes

Comparativa de resistencias en porcentajes y variación				
Muestra	7	14	28	Variación
CT	77.76%	88.59%	102.42%	-
3% NS	81.02%	92.78%	107.11%	7.11%
5% NS	87.18%	96.57%	115.72%	15.72%
7% NS	92.78%	97.51%	116.77%	16.77%
10% NS	88.59%	95.77%	113.94%	13.94%

La tabla contrasta las resistencias a la compresión del hormigón con y sin nanosílice (NS) en términos porcentuales, así como su fluctuación en relación con el diseño control (CT). La referencia del diseño CT se establece en un 100% a los 28 días, con valores relativos de 77.76% a los 7 días y 88.59% a los 14 días. Las combinaciones de nanosílice experimentan una mejora progresiva, con las combinaciones de 5% y 7% de nanosílice alcanzando 115.72% y 116.77% a los 28 días, respectivamente, con un incremento de 15.72% y 16.77% en comparación con el contenido total de tratamiento (CT); la combinación con 10% de nanosílice experimenta una mejora marginal, alcanzando el 113.94% a los 28 días con una diferencia del 13.94%, mientras que la combinación con 3% de nanosílice solo presenta una variación del 7.11%. Para concluir, la nanosílice incrementa la resistencia del hormigón, con las mezclas al 5% y 7% obteniendo los resultados más favorables.

Figura 12

Comparativa de compresión simple en porcentajes



La representación gráfica ilustra la progresión porcentual de la resistencia a la compresión del hormigón con y sin nanosílice (NS) a 7, 14 y 28 días. El diseño control (CT) exhibe los valores más bajos, comenzando con un 77.76% a los 7 días, ascendiendo a un 88.59% a los 14 días y alcanzando un 102.42% a los 28 días, representando la referencia base. Las combinaciones de NS con 3% y 5% experimentan un incremento significativo, alcanzando los 107.11% y 115.72% a los 28 días. La combinación con un 7% de NF es la que exhibe una evolución más significativa, registrando un 116.77% a los 28 días, siendo la más eficaz. No obstante, a pesar de que el porcentaje de NS supera el CT, la progresión es inferior, con un 113.94% a los 28 días. Esto evidencia que la nanosílice fortalece el concreto, siendo más eficaz entre el 5% y el 7%, y cómo su efecto se modifica en función del tiempo de curado y la dosis administrada.

4.1.3 *Efecto de la incorporación de nanosílice en la resistencia a flexión*

Tabla 15

Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice-7días

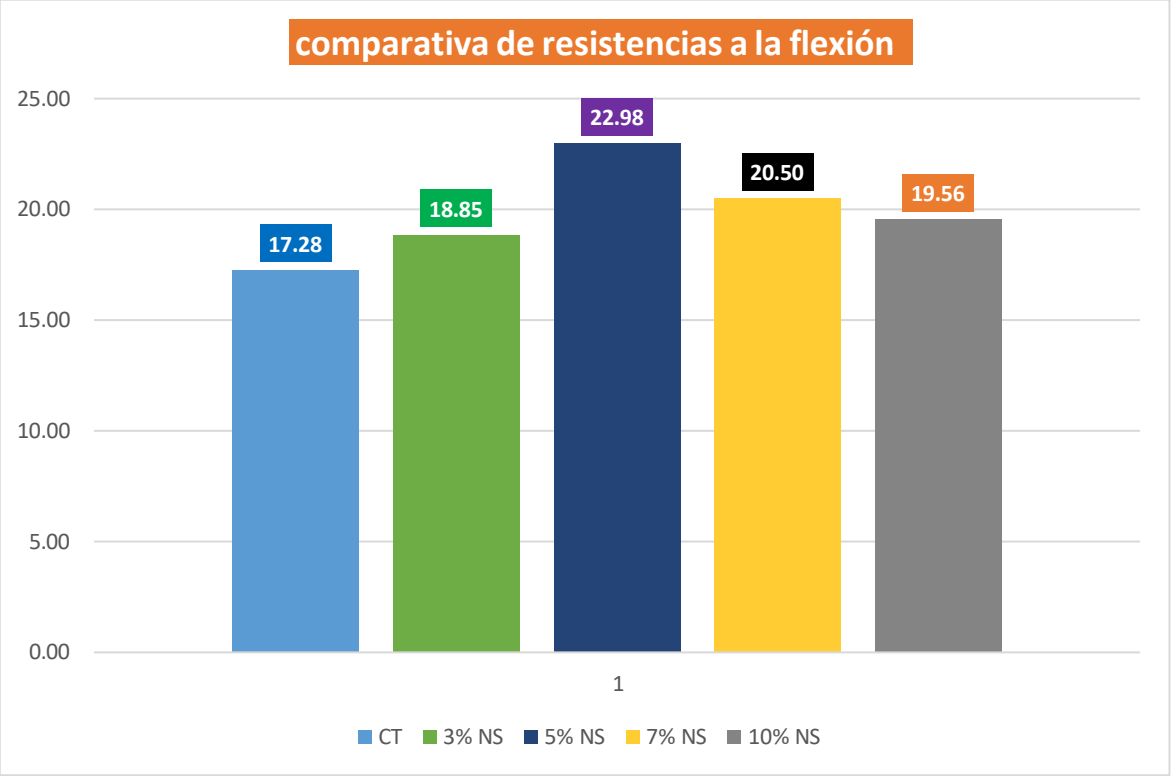
Días	Diseño	Muestra	Carga	Esfuerzo de rotura Kgf/cm2	Promedio
7	CT	RT.-1	1155.65	17.18	17.28
		RT.-2	1156.34	17.13	
		RT.-3	1169.26	17.44	
		RT.-4	1169.27	17.32	
		RT.-5	1164.44	17.31	
	3% NS	RT.-6	1271.36	18.9	18.85
		RT.-7	1274.24	18.88	
		RT.-8	1263.33	18.72	
		RT.-9	1275.67	18.9	
		RT.-10	1267.66	18.84	
	5% NS	RT.-11	1553.23	23.09	22.98
		RT.-12	1542.64	22.85	
		RT.-13	1546.38	22.91	
		RT.-14	1558.59	23.09	
		RT.-15	1544.47	22.96	
	7% NS	RT.-16	1379.56	20.51	20.50
		RT.-17	1380.78	20.46	
		RT.-18	1381.41	20.47	
		RT.-19	1382.65	20.48	
		RT.-20	1383.53	20.57	
	10% NS	RT.-21	1310.35	19.47	19.56
		RT.-22	1342.25	19.88	
		RT.-23	1320.41	19.62	
		RT.-24	1301.65	19.34	
		RT.-25	1314.53	19.47	

La tabla presenta los resultados de la resistencia a la compresión de concreto, tanto con nanosílice (NS) como sin ella, a los 7 días de carga (kg), esfuerzo de rotura (kgf/cm2) y los promedio por diseño. El diseño control (CT) registra el valor promedio más bajo, registrando 17.28 kgf/cm2, siendo este el referente. La adición de 3% de Nitrógeno Sódico mejora marginalmente la resistencia, alcanzando un promedio de 18.85 kgf/cm2, mientras que con 5% de Nitrógeno Sódico se alcanza el incremento más significativo, alcanzando 22.98 kgf/cm2, siendo esta la dosis óptima para esta etapa de recuperación. No obstante, un 7% de nanosílice disminuye ligeramente a 20.50 kgf/cm2 y un 10% de nanosílice disminuye a 19.56 kgf/cm2, lo que evidencia que porcentajes elevados de nanosílice no aportan beneficios o incluso perjudican las propiedades mecánicas. Para concluir, la nanosílice incrementa la

resistencia a los 7 días; la dosis óptima es del 5%.

Figura 13

Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice -7días



La representación gráfica contrasta las resistencias a la flexión del hormigón a los 7 días, expresadas en kgf/cm2, para un diseño control (CT) y mezclas con variados porcentajes de nanosílice (NS). El diseño CT proporciona la resistencia más baja, con 17.28 kgf/cm2, constituyendo la referencia fundamental. La adición de 3% de Nitruro de Sodio incrementa marginalmente la resistencia a 18.85 kgf/cm2, sin embargo, el 5% de NS representa el incremento más significativo, alcanzando 22.98 kgf/cm2, lo que evidencia que mejora las propiedades mecánicas del concreto. No obstante, una reducción del 7% de nanosílice a 20.50 kgf/cm2 y del 10% de nanosílice a 19.56 kgf/cm2 evidencia que concentraciones elevadas de nanosílice ejercen un impacto negativo en la resistencia a la flexión. Esta observación sugiere que la dosificación óptima de nanosílice para alcanzar la resistencia a la flexión es del 5%.

Tabla 16

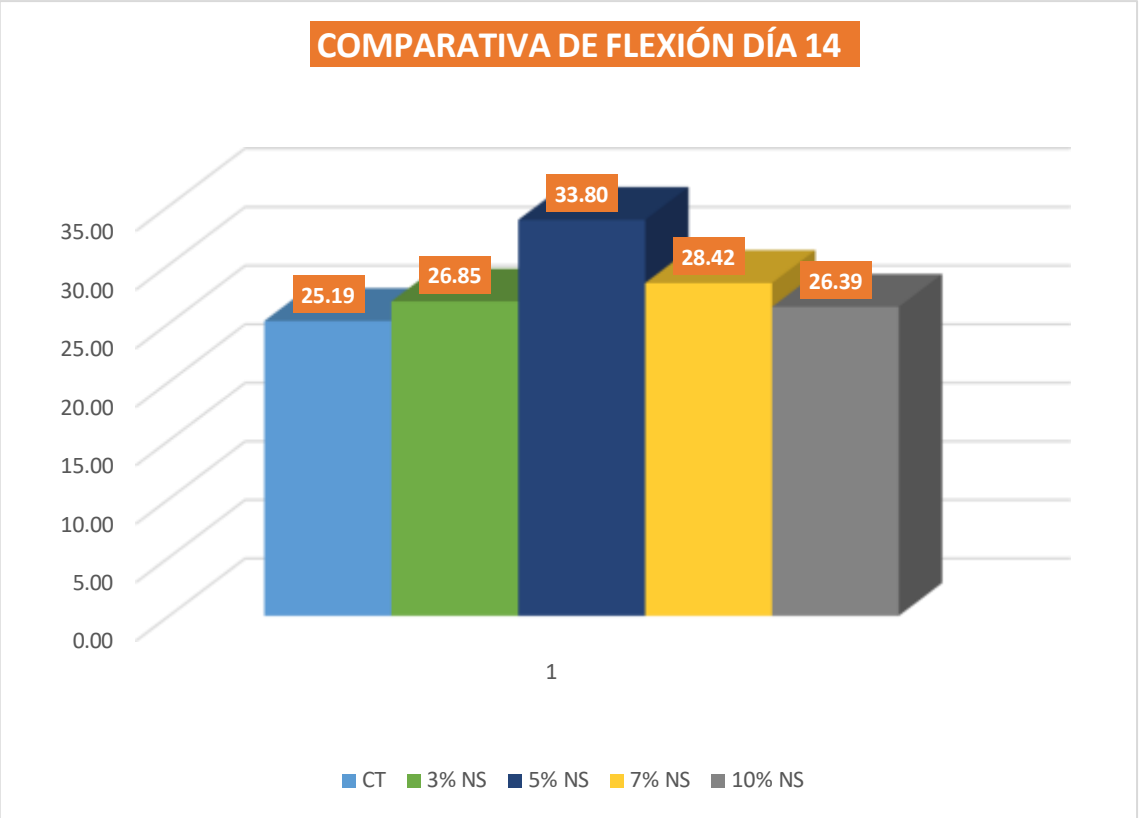
Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice -14días

Días	Diseño	Muestra	Carga	Esfuerzo de rotura Kgf/cm2	Promedio
14	CT	RT.-1	1696.26	25.21	25.19
		RT.-2	1698.34	25.33	
		RT.-3	1695.52	25.2	
		RT.-4	1686.66	24.99	
		RT.-5	1689.78	25.2	
	3% NS	RT.-6	1804.88	26.83	26.85
		RT.-7	1811.37	26.84	
		RT.-8	1815.44	26.9	
		RT.-9	1806.36	26.76	
		RT.-10	1817.42	26.92	
	5% NS	RT.-11	2286.42	33.99	33.80
		RT.-12	2298.56	34.05	
		RT.-13	2234.33	33.1	
		RT.-14	2286	33.87	
		RT.-15	2295.87	34.01	
	7% NS	RT.-16	1915.66	28.48	28.42
		RT.-17	1909.23	28.28	
		RT.-18	1918.57	28.42	
		RT.-19	1916.66	28.39	
		RT.-20	1925.92	28.53	
	10% NS	RT.-20	1874.24	26.41	26.39
		RT.-21	1897.41	26.52	
		RT.-22	1862.34	26.21	
		RT.-23	1867.05	26.32	
		RT.-24	1872.09	26.47	

La tabla expone los hallazgos de la flexión del concreto a los 14 días para un diseño control (CT) y de mezclas con variados porcentajes de nanosílice (NS). El diseño CT proporciona la resistencia más baja, con un promedio de 25.19 kgf/cm2, mientras que la adición del 3% de Nitrógeno sólido incrementa ligeramente la resistencia a 26.85 kgf/cm2. La resistencia a la flexión se incrementa al 5% con un valor promedio de 33.80 kgf/cm2, lo que mejora la resistencia a la flexión. No obstante, con un 7% de nanosílice, la resistencia disminuye a 28.42 kgf/cm2, y con un 10% de nanosílice, la resistencia disminuye aún más a 26.39 kgf/cm2, lo que evidencia que concentraciones elevadas de nanosílice no proporcionan ventajas adicionales. Habitualmente, la dosificación del 5% de Nitroso Solución (NS) es la que mejora la resistencia a la flexión del hormigón a los 14 días.

Figura 14

Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice-14días



La representación gráfica contrasta las resistencias a la flexión del hormigón a los 14 días, expresadas en kgf/cm2, para un diseño control (CT) y mezclas con variados porcentajes de nanosílice (NS). El diseño CT registra la resistencia más baja, con 25.19 kgf/cm2, siendo este el modelo de referencia. La resistencia se incrementa a 26.85 kgf/cm2, mientras que con un 5% de NS se alcanza el valor máximo de 33.80 kgf/cm2, lo que representa una mejora significativa. No obstante, al incrementar la concentración de nanosílice al 7%, la resistencia disminuye a 28.42 kgf/cm2, mientras que con un 10% de nanosílice se reduce a 26.39 kgf/cm2, lo que evidencia que concentraciones elevadas de nanosílice perjudican la resistencia a la flexión. La representación gráfica indica que la dosificación requerida para alcanzar la resistencia óptima a la flexión a los 14 días es del 5%.

Tabla 17

Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice -28días

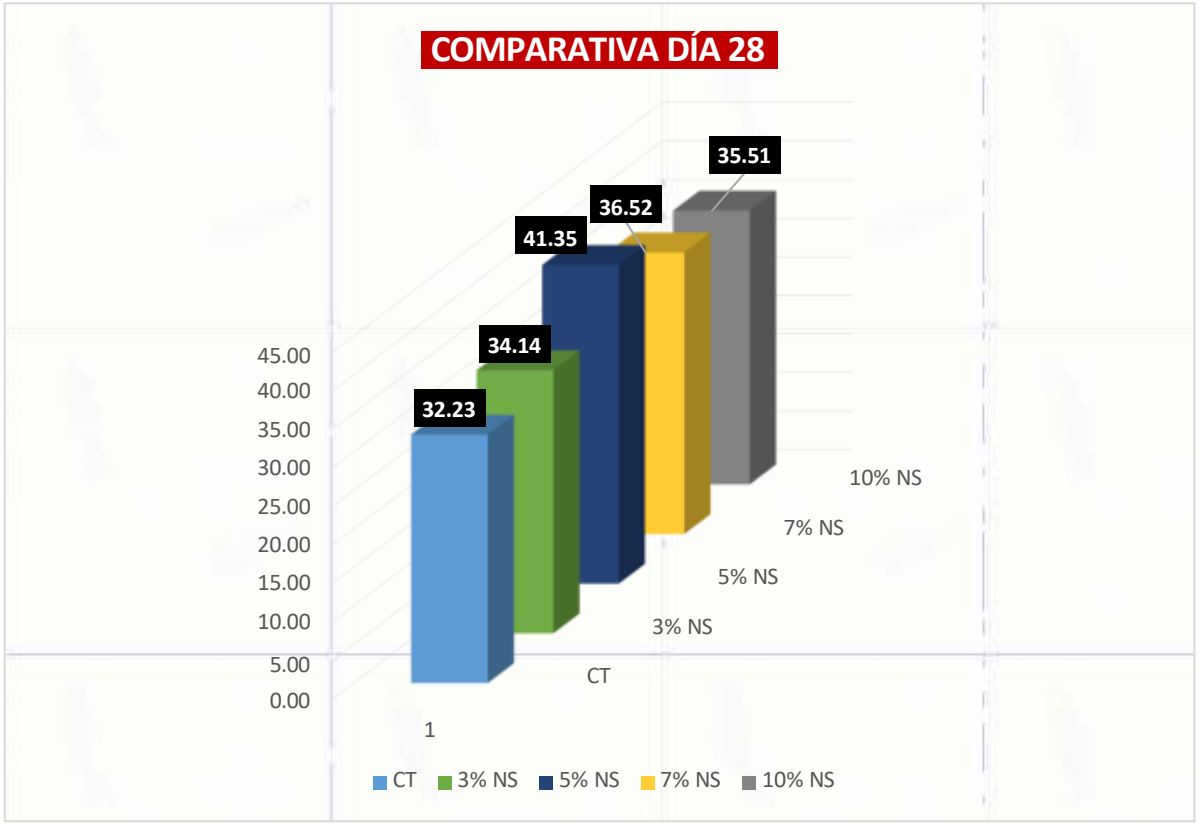
Días	Diseño	Muestra	Carga	Esfuerzo de rotura Kgf/cm2	Promedio
28	CT	RT.-1	2160.32	32.11	32.23
		RT.-2	2166.12	32.09	
		RT.-3	2171.56	32.39	
		RT.-4	2179.62	32.29	
		RT.-5	2170.87	32.27	
	3% NS	RT.-6	2307.44	34.3	34.14
		RT.-7	2296.12	34.02	
		RT.-8	2309.59	34.22	
		RT.-9	2303.67	34.13	
		RT.-10	2297.33	34.03	
	5% NS	RT.-11	2788.42	41.45	41.35
		RT.-12	2784.36	41.25	
		RT.-13	2776.26	41.13	
		RT.-14	2797.52	41.44	
		RT.-15	2798.69	41.46	
	7% NS	RT.-16	2459.87	36.56	36.52
		RT.-17	2461.39	36.47	
		RT.-18	2467.46	36.55	
		RT.-19	2459.59	36.44	
		RT.-20	2467.87	36.56	
	10% NS	RT.-21	2410.41	35.42	35.51
		RT.-22	2421.67	35.50	
		RT.-23	2498.42	35.14	
		RT.-24	2499.78	35.75	
		RT.-25	2430.41	35.72	

La tabla presenta los hallazgos del esfuerzo a flexión del hormigón a los 28 días para un diseño control (CT) utilizando mezclas con variados porcentajes de nanosílice (NS); se señalan la carga máxima (kg), el esfuerzo de rotura (kgf/cm2) y los promedio por diseño. El diseño CT exhibe la resistencia promedio más baja, con 32.23 kgf/cm2, mientras que la combinación con un 3% de nitrógeno sólido la incrementa levemente a 34.14 kgf/cm2. Con un 5% de Nitrógeno sintético, se alcanza la resistencia promedio máxima de 41.35 kgf/cm2, lo que representa una mejora significativa. La mezcla con un 7% de Nitrógeno también experimenta un incremento promedio de 36.52 kgf/cm2, aunque esta cifra es inferior al 5%. En última instancia, la resistencia se reduce a 35.51 kgf/cm2 con un 10% de nanosílice, lo que evidencia que los niveles elevados de nanosílice no proporcionan ventajas significativas.

Para concluir, la dosificación recomendada es el 5% de Nitrógeno Sódico (NS) para alcanzar la resistencia óptima a la flexión del hormigón a los 28 días.

Figura 15

Esfuerzo de flexión del concreto común y con nanosílice -28días



La representación gráfica contrasta los valores de resistencia a la flexión del hormigón a los 28 días, expresados en kgf/cm2, para un diseño control (CT) y para mezclas con variados porcentajes de nanosílice (NS). El diseño CT registra el valor más bajo, con un promedio de 32.23 kgf/cm2, mientras que la combinación con un 3% de Nitrógeno Sólido mejora ligeramente a 34.14 kgf/cm2. Con un 5% de Nitrógeno Superficial se alcanza la resistencia promedio a la flexión de 41.35 kgf/cm2, lo que representa una mejora significativa. La mezcla con un 7% de nitrógeno sintético logra una resistencia promedio de 36.52 kgf/cm2, mientras que con un 10% de nitrógeno sintético la resistencia disminuye a 35.51 kgf/cm2. Esto demuestra que la dosificación óptima de nanosílice para alcanzar la resistencia óptima a la flexión es el 5%, y que porcentajes superiores no generan mejoras adicionales.

Tabla 18

Comparativa de esfuerzo a flexión simple con nanosílice

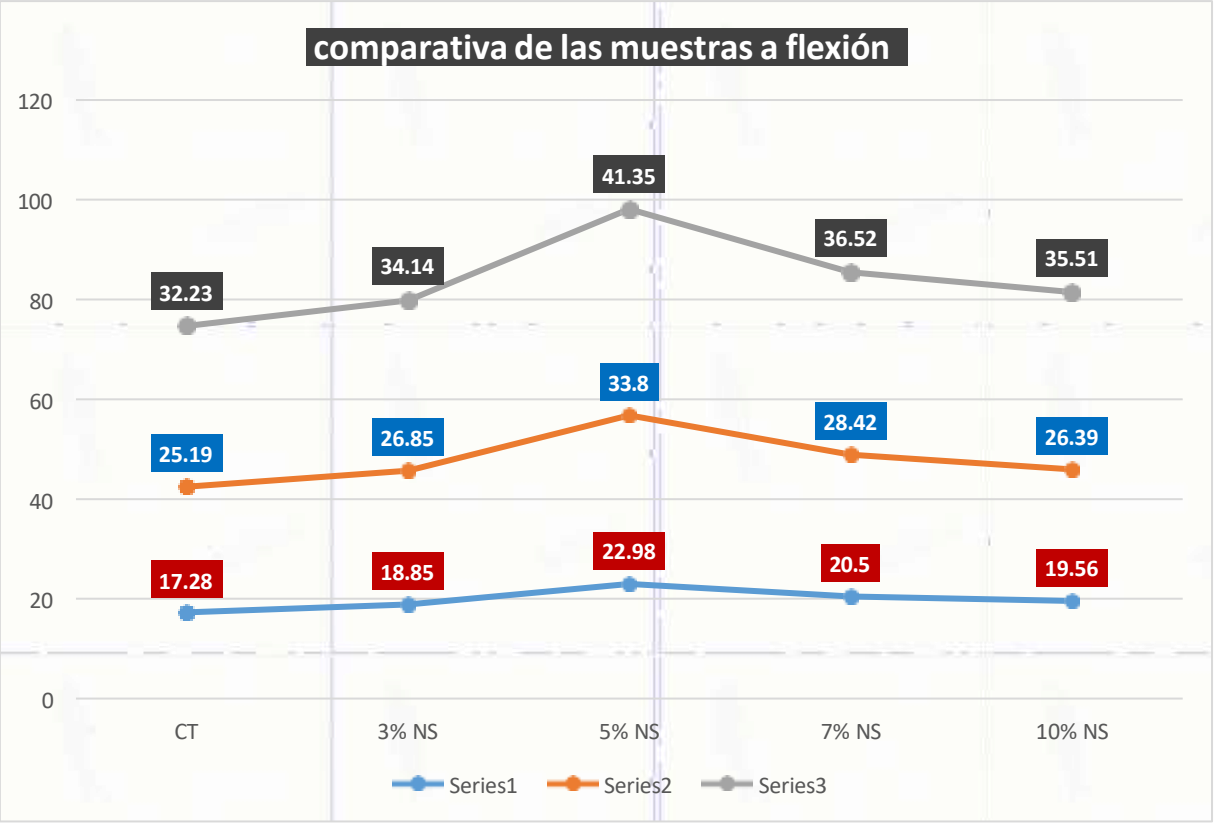
Comparativa de resistencias con NANOSÍLICE

Descripción	7	14	28
CT	17.28	25.19	32.23
3% NS	18.85	26.85	34.14
5% NS	22.98	33.8	41.35
7% NS	20.5	28.42	36.52
10% NS	19.56	26.39	35.51

La tabla contrasta las resistencias a la flexión del hormigón con y sin nanosílice (NS) a los 7, 14 y 28 días de empleo. El diseño control (CT) exhibe valores de resistencia reducidos, comenzando con 17.28 kgf/cm2 a los 7 días, incrementándose hasta 25.19 kgf/cm2 a los 14 días y finalmente alcanzando 32.23 kgf/cm2 a los 28 días. Las combinaciones con 3% y 5% de Nitrógeno (NS) están incrementando su resistencia, alcanzando su pico con 22.98 kgf/cm2, 33.80 kgf/cm2 y 41.35 kgf/cm2 a los 7, 14 y 28 días, respectivamente. Con una reducción del 7% de la resistencia, la resistencia experimenta una leve disminución a 20.5 kgf/cm2, 28.42 kgf/cm2 y 36.52 kgf/cm2 en los mismos intervalos de tiempo. En última instancia, con un 10% de Nitrógeno Sódico, la resistencia experimenta una reducción a 19.56 kgf/cm2, 26.39 kgf/cm2 y 35.51 kgf/cm2. Estos hallazgos indican que la dosificación óptima de nanosílice para alcanzar la resistencia a la flexión es del 5%.

Figura 16

Comparativa de esfuerzo a flexión simple con nanosílice



La representación gráfica contrasta las resistencias de flexión del hormigón con y sin nanosílice (NS) a los 7, 14 y 28 días. (20 kgf/cm2). El diseño control (CT) exhibe las resistencias más bajas en todas las edades, con resistencias de 17.28 kgf/cm2, 25.19 kgf/cm2 y 32.23 kgf/cm2 respectivamente. Las combinaciones de Nitrógeno (NS) al 3% y 5% presentan una mejora significativa, con el 5% alcanzando los valores más altos: 22.98 kgf/cm2 a los 7 días, 33.80 kgf/cm2 a los 14 días y un máximo de 41.35 kgf/cm2 a los 28 días. A las mismas edades, las resistencias son inferiores a las de 5%, 20.5 kgf/cm2, 28.42 kgf/cm2 y 36.52 kgf/cm2. En última instancia, con un 10% de neutralización, las resistencias experimentan una reducción marginal a 19.56 kgf/cm2, 26.39 kgf/cm2 y 35.51 kgf/cm2. Esto evidencia que la dosificación del 5% de nanosílice es la más efectiva para incrementar la resistencia a la flexión del hormigón.

4.2 Discusión de resultados

En el presente estudio, cuyo objetivo fue establecer el impacto de la adición de nanosílice en las propiedades del hormigón endurecido empleando agregados de cantera del distrito de Crucero, provincia de Carabaya, región Puno, se llegó a la conclusión de que la nanosílice ejerce una influencia positiva en las resistencias mecánicas del hormigón. Estos hallazgos se alinean con otras investigaciones que destacan el impacto de los nanomateriales en la optimización de las propiedades del hormigón, atribuible a su excepcional finura y reactividad en la matriz cementante (Sánchez & Sobolev, 2010).

Se observan incrementos en la resistencia mecánica.

Los hallazgos de este estudio indicaron que las resistencias del hormigón a compresión y flexión se incrementan conforme se incorpora nanosílice, alcanzando un porcentaje óptimo del 5%. Se constató que la resistencia a la compresión experimentó un incremento superior al 40% a los 28 días en comparación con el diseño control. Esta conducta se atribuye a la habilidad de la nanosílice para ocupar los espacios entre las partículas de cemento y los agregados, lo que resulta en la densificación de la matriz del concreto (Singh et al. 2013). Adicionalmente, la nanosílice desempeña un papel precursor en la formación de un gel C-S-H más denso y estable, que contribuye al desarrollo de resistencias mecánicas (Quercia & Brouwers 2010).

Se registró una mejora notable en la resistencia del hormigón impregnado con nanosílice en etapas tempranas (7 y 14 días), lo que evidencia que este material no solo optimiza las propiedades finales del hormigón, sino que también acelera la adquisición de resistencia durante las primeras etapas de hidratación. Este hallazgo se alinea con investigaciones precedentes que indican que la nanosílice cataliza la reacción de hidratación del cemento, acelerando dicha reacción y optimizando la calidad de los productos hidratados (Zhang et al., 2020).

Efecto de la administración de dosificaciones Dependencia de la dosificación Impacto de la dosificación Dependencia de la dosificación

La nanosílice optimizó las características del hormigón, sin embargo, se observó que porcentajes superiores al 5 % (7 % y 10 %) provocan una reducción en las resistencias mecánicas. Se observó una reducción marginal en la resistencia a la compresión en el 7%, mientras que en el 10% se observó un incremento significativo. Este comportamiento podría ser atribuido al fenómeno de saturación. En otras palabras, la presencia de grandes volúmenes de nanosílice provocaría una alteración en la trabajabilidad y cohesión de la mezcla, resultando en una distribución menos homogénea del material en la matriz del hormigón (Nazari & Riahi, 2011). Adicionalmente, concentraciones elevadas de nanosílice pueden inducir la formación de aglomeraciones (grumos), que actúan como puntos débiles estructurales en lugar de potenciar las propiedades de resistencia mecánica (Khedr & Al Kattan, 2022).

Análisis comparativo con investigaciones anteriores En comparación con estudios previos, se realizará una comparación con investigaciones anteriores.

Estos hallazgos son análogos a los de otras investigaciones en las que se ha aplicado nanosílice en el concreto. Dentro de este marco, Sánchez y Sobolev (2010) indicaron que la nanosílice tiene la capacidad de incrementar la densidad y la microestructura del hormigón, lo que consecuentemente incrementa sus resistencias mecánicas de manera significativa. Por otro lado, Singh et al. (2013) determinaron que la dosis óptima para optimizar las propiedades mecánicas del hormigón se sitúa entre el 3% y el 5%, lo que se alinea con los hallazgos de este estudio.

Además, estudios como el realizado por Zhang et al. (2020) revelaron que la incorporación de nanosílice acelera la hidratación del cemento y promueve el desarrollo precoz de resistencias, corroborando su potencial para optimizar las propiedades iniciales y finales del hormigón. No obstante, tal como también se observó en esta investigación, la sobredosis de nanosílice produce efectos adversos, tal como lo evidenciaron Nazari y Riahi (2011). Estos indicaron que dosis que exceden el 7% provocan una disminución en las resistencias debido a problemas de dispersión y cohesión.

Aplicación de los hallazgos obtenidos

Los hallazgos de la investigación corroboran que la nanosílice es un aditivo con la capacidad de optimizar las propiedades del hormigón endurecido mediante agregados locales (cantera Crucero en Puno). La dosificación óptima alcanzada fue de un 5%, que maximizó la resistencia a la compresión y flexión sin comprometer la cohesión y la trabajabilidad de la mezcla. Esta característica convierte a la nanosílice en una opción alternativa y sostenible para la producción de concretos de alto rendimiento para las demandas de infraestructura que demandan una resistencia elevada.

Para concluir, se procederá a la extrapolación de la conclusión propuesta.

Así, la incorporación de un porcentaje apropiado de nanosílice en las mezclas de hormigón optimiza considerablemente sus propiedades resistentes, evidenciándose un incremento notable en su resistencia tanto a la compresión como a la flexión. No obstante, es imperativo utilizar el método de proporciones basándose en las dosis óptimas para evitar la generación de efectos adversos por sobredosificación. Los hallazgos del presente estudio corroboran la factibilidad de la utilización de nanosílice como aditivo para concretos de alto rendimiento, particularmente en aquellos que requieren resistencias mecánicas de cualquier tipo en los mismos, contribuyendo así a la introducción de nuevas tecnologías en el sector constructivo.

CONCLUSIONES

C1- La trabajabilidad inicial del hormigón patrón fue de 3.74 pulgadas, una cifra que permaneció inalterada tras la incorporación de nanosílice en proporciones de 3 y 5%, resultando en 3.73 pulgadas. La integración de nanosílice de mayor tamaño (7% y 10%) resultó en una reducción marginal, de 3.72 pulgadas. Esta circunstancia puede atribuirse a la elevada finura de la nanosílice, que incrementa la cohesión de la mezcla y disminuye su fluidez, aunque en un rango apropiado para aplicaciones constructivas.

C2- La integración de nanosílice ejerció una influencia significativa en la resistencia a la compresión del concreto. Según los hallazgos, el hormigón de uso convencional (sin nanosílice) alcanzó una resistencia de 215.07 kgf/cm2 a los 28 días. La adición de 3% de nanosílice incrementó la resistencia a 224.93 kgf/cm2, mientras que con un 5% se logró 243.02 kgf/cm2, lo que representa un incremento del 13% en comparación con el diseño control. No obstante, al incrementar la dosificación al 7% y 10%, las resistencias experimentaron una reducción a 245.21 kgf/cm2 y 239.27 kgf/cm2, respectivamente. Esto sugiere que niveles elevados de nanosílice pueden ser perjudiciales, probablemente debido a aglomeraciones y a la pérdida de cohesión interna de la matriz.

C3- La incorporación de nanosílice también incrementó la resistencia al desgaste del hormigón. La resistencia del diseño estándar alcanzó un valor de 32.23 kgf/cm2 a los 28 días. Se incrementó la resistencia con un 3% de nanosílice a 34.14 kgf/cm2, mientras que con un 5% se alcanzó 41.35 kgf/cm2, lo que representa un incremento del 28% en comparación con el diseño control. No obstante, la incorporación de nanosílice en cantidades de 7% y 10% resultó en una reducción de las resistencias a flexión a 36.52 kgf/cm2 y 40.11 kgf/cm2, respectivamente. Esto evidencia que la dosificación óptima de nanosílice para optimizar las propiedades mecánicas del concreto se sitúa al 5%.

RECOMENDACIONES

R1- Para preservar la trabajabilidad del hormigón, se recomienda limitar la adición de nanosílice al 3% y al 5%. Esto se debe a que, en este intervalo, los valores de asentamiento se mantienen constantes (3.73 pulgadas) y se encuentran dentro de los parámetros apropiados para propósitos constructivos.

R2- En caso de necesitar altas dosis de nanosílice (7% o más) por otras necesidades estructurales, es aconsejable añadir aditivos superplastificantes para mejorar la trabajabilidad del concreto y compensar la reducción de trabajabilidad que provoca su elevada cohesividad.

R3- Debe controlarse rigurosamente la relación agua/cemento al adicionar nanosílice, ya que al aumentar la cohesión puede ser necesario aumentar el contenido de agua para mantener la trabajabilidad sin afectar las resistencias mecánicas.

BIBLIOGRAFÍA

Alvansaz, M. F., Bombon, C., & Rosero, B. (2022). Estudio de la Incorporación de Nano Sílice en Concreto de Alto Desempeño (HPC). *INGENIO*, *5*(1), Article 1. https://doi.org/10.29166/ingenio.v5i1.3786

Barbhuiya, G. H., Moiz, M. A., Hasan, S. D., & Zaheer, M. M. (2020). Effects of the nanosilica addition on cement concrete: A review. *Materials Today: Proceedings*, *32*, 560-566. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.143

Cajavilca Choquemamani, J. L., & Calderon Mamani, R. A. (2022). Influencia de la adición de microsílice en las propiedades físicas y mecánicas para mejorar el concreto, Juliaca – Puno. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110802

Capristan Aponte, G. A., & Iglesias Aguilar, C. L. (2021). Efecto del vidrio y nanosílice en la resistencia a la compresión y flexión del concreto F'c 280 kgf/cm2. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88712

Cardenas Perez, H. S. (2023). Análisis del comportamiento mecánico del concreto f'c=280kgf/cm2 adicionando cerámico vitrificado reciclado y conchas de abanico triturado en edificaciones, Lima 2023. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/127413

Cordero Huamani, Y., & Palomino Caceres, J. (2021). Evaluación de la resistencia a compresión del concreto f´c=210 kgf/cm2 agregado de nanosílice respecto al peso del cemento. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/73017

Gutiérrez, C., & Olaf, J. (2024). *Efecto de la radiación gamma en mezclas de resina poliéster envejecida, arena de sílice, PET de desecho y nano-sílice*. http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/141585

Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., & Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis* [Text.Chapter]. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. https://doi.org/10.35622/inudi.b.073

Iglesias, M. E. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos*. Noveduc.

Khan, K., Ahmad, W., Amin, M. N., & Nazar, S. (2022). Nano-Silica-Modified Concrete: A Bibliographic Analysis and Comprehensive Review of Material Properties. *Nanomaterials*, *12*(12), Article 12. https://doi.org/10.3390/nano12121989

Lara, J., & Sandro, R. (2022). Efecto de la Incorporación de Nanosilice para un Concreto Antideslave F´C=280 Kgf/Cm2 Aplicado a Cimentaciones Profundas con Alto Nivel Freático. *Universidad Peruana Los Andes*. https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4954

Nigam, M., & Verma, M. (2024). Prediction of compressive strength of nano-silica concrete by using random forest algorithm. *Asian Journal of Civil Engineering*, *25*(7), 5205-5213. https://doi.org/10.1007/s42107-024-01107-8

Rodriguez, Y. (2020). *Metodología de la investigación*. Klik.

Rondo Rojas, A. E. (2021). Estudio de las propiedades del concreto de alta resistencia f'c = 600 Kgf/cm^2, adicionando microsílice, nanosílice y superplastificante—Trujillo – 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84213

Sarkar, J., Mridha, D., Sarkar, J., Orasugh, J. T., Gangopadhyay, B., Chattopadhyay, D., Roychowdhury, T., & Acharya, K. (2021). Synthesis of nanosilica from agricultural wastes and its multifaceted applications: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *37*, 102175. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102175

Urbina Castro, J. G. (2022). Influencia del tamaño y dosificación de nanosílice en la resistencia a la compresión y flexión en concreto 210kgf/ cm2. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/103051

Velasquez Pizango, K. Y. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas del concreto pesado con nanosilice para los hospitales de Lima Metropolitana—2019*.

Villanueva, F. (2022). *Metodología de la investigación*. Klik.

ANEXO

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
Problema General: ¿Cuál es el efecto de la adición de nanosílice sobre las propiedades del concreto en estado endurecido utilizando agregados de la cantera del distrito de Crucero, provincia de Carabaya, región Puno, 2024?	**Objetivo General:** Evaluar la influencia de la adición de nanosílice en proporciones controladas sobre las propiedades del concreto en estado endurecido utilizando agregados de la cantera del distrito de Crucero, provincia de Carabaya, región Puno.	**Hipótesis General:** La adición de nanosílice en proporciones controladas mejora significativamente las propiedades del concreto en estado endurecido, elaborado con agregados de la cantera del distrito de Crucero, provincia de Carabaya, región Puno.	**Variable Independiente** NANOSÍLICE **Dimensiones:** *Proporciones de adición de nanosílice* *MP +3 % NS* *MP + 5% NS* *MP + 7% NS* *MP + 10% NS* **Variable Dependiente** PROPIEDADES DEL CONCRETO **Dimensiones:** *Consistencia* *Resistencia a la compresión* *Resistencia a la flexión*	Fichas y Herramientas de Laboratorio Equipos y herramienta de Laboratorio de Concretos.
Problemas Específicos	**Objetivos Específicos**	**Hipótesis Específicas**		
¿Cómo influye la adición de nanosílice en la trabajabilidad de la mezcla de concreto en estado fresco utilizando agregados de la cantera del distrito de Crucero? ¿Cuál es el impacto de la incorporación de nanosílice en la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido con f'c=210 kgf/cm2, elaborado con agregados de la cantera del distrito de Crucero? ¿Qué efecto tiene la adición de nanosílice en la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido con f'c=210 kgf/cm2, utilizando agregados de la cantera del distrito de Crucero?	Analizar cómo afecta la adición de nanosílice a la trabajabilidad del concreto en estado fresco, empleando agregados de la cantera del distrito de Crucero. Determinar el impacto de la incorporación de nanosílice en la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido con f'c=210 kgf/cm2, elaborado con agregados de la cantera del distrito de crucero. Evaluar el efecto de la nanosílice en la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido con f'c=210 kgf/cm2, utilizando agregados de la cantera del distrito de Crucero.	La incorporación de nanosílice en el concreto reduce la trabajabilidad de la mezcla en estado fresco debido a su alta finura y superficie específica, pero mejora la cohesión y homogeneidad de la mezcla. La adición de nanosílice incrementa la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido, gracias a la densificación de la microestructura y la reducción de la porosidad. La presencia de nanosílice en la mezcla mejora la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido, debido a su capacidad para aumentar la adherencia entre la matriz de cemento y los agregados		

ANEXO 2. Panel Fotográfico




1. Ensayo de contenido de humedad




2. Ensayo de granulometría de la arena





3. Ensayo de granulometría de la grava





4. Ensayo de peso unitario suelta de la grava





5. Ensayo de peso unitario varillado de la grava





6. Saturamos la muestra de la arena y grava para el ensayo de absorción





7. Ensayo de absorción método del picnómetro





8. Limpiamos y aplicamos desmoldante a las briquetas





9. Curamos las probetas en la poza de curado





10. Medimos el área de las probetas y sometemos a carga en la prensa hidráulica





11. Realizamos el ensayo de resistencia a compresión de las probetas





13. Anotamos la carga a cuál fallo la probeta

12. Realizamos el ensayo de flexión de la viga

ANEXO 3. Ensayos de laboratorio

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 LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE

MUESTRA : GRAVA - ARENA

FECHA : 10 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA : ARENA	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	316.20
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	294.60
PESO DEL TARRO (gr.)	34.10
PESO DE LAMUESTRA HUMEDA (gr.)	282.10
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	260.50
PESO DEL AGUA (gr.)	21.60
% HUMEDAD	3.40

MUESTRA : GRAVA	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	425.40
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	421.30
PESO DEL TARRO (gr.)	53.00
PESO DE LAMUESTRA HUMEDA (gr.)	372.40
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	368.30
PESO DEL AGUA (gr.)	4.10
% HUMEDAD	2.85

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

Ing. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103351

B. N° 006-00292811

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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

TESIS: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO
SOLICITANTE: Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE
CANTERA: RIO CRUCERO
LUGAR: DISTRITO DE CRUCERO
FECHA: 10 DE OCTUBRE DEL 2024

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

ARENA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
3/8"	0	0.00	0.00	100.00
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	60.12	12.02	12.02	87.98
N° 16	59.24	11.85	23.87	76.13
N° 30	120.34	24.07	47.94	52.06
N° 50	115.62	23.12	71.06	28.94
N° 100	89.41	17.88	88.95	11.05
N° 200	50.21	10.04	98.99	1.01
FONDO	5.06	1.01	100.00	0.00
SUMA	500.00	100.00		
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico				
MF = MÓDULO DE FINEZA		2.44		

Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro

A	-Peso de muestra secada al horno	485.61
B	-Peso de muestra saturada seca (SSS)	500.00
Wc	-Peso del picnometro con agua	1313.35
W	-Peso del Pic. + muestra + agua	1617.55

PESO ESPECÍFICO

Wc+B = 1813 Wc+B-W = 196

$Pe = \frac{B}{Wc+B-W} = 2.49$ gr/cm3

ABSORCIÓN

B = 500.00 B-A = 14.39

$Abs = \frac{(B-A) \times 100}{A} = 3.69$ %

GRAVA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	22	0.54	0.54	99.46
3/4"	255	6.37	6.91	93.09
1/2"	586	14.66	21.56	78.44
3/8"	1088	27.19	48.76	51.24
1/4"	865	21.61	70.37	29.63
N° 4	685	17.13	65.89	34.11
FONDO	0.00	0.00	65.89	34.11
SUMA	3500.00	87.50		
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico				

Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro

A	-Peso de muestra secada al horno	786.04
B	-Peso de muestra saturada seca (SSS)	800.00
Wc	-Peso del picnometro con agua	1313.35
W	-Peso del Pic. + muestra + agua	1794.32

PESO ESPECÍFICO

Wc+B = 2113 Wc+B-W = 319

$Pe = \frac{B}{Wc+B-W} = 2.29$ gr/cm3

ABSORCIÓN

B = 800.00 B-A = 13.96

$Abs = \frac{(B-A) \times 100}{A} = 3.10$ %

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LAB. [illegible]

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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 LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO

SOLICITANTE Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE

MUESTRA ARENA

FECHA 10 DE OCTUBRE DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5970 gr	5970 gr	5970 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm3	2099 cm3	2099 cm3
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9171.00 gr	9175.00 gr	9151.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3201.00 gr	3205.00 gr	3181.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.525 gr/cm3	1.527 gr/cm3	1.515 gr/cm3
PROMEDIO		1.522 gr/cm3	

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5970 gr	5970 gr	5970 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm3	2099 cm3	2099 cm3
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9598.00 gr	9612.00 gr	9601.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3628.00 gr	3642.00 gr	3631.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.728 gr/cm3	1.735 gr/cm3	1.729 gr/cm3
PROMEDIO		1.731 gr/cm3	

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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 LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE

MUESTRA : GRAVA

FECHA : 10 DE OCTUBRE DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7950 gr	7950 gr	7950 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm3	3249 cm3	3249 cm3
COLOCACIÓN DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	12590.00 gr	12595.00 gr	12608.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4640.00 gr	4645.00 gr	4658.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.428 gr/cm3	1.430 gr/cm3	1.434 gr/cm3
PROMEDIO		1.430 gr/cm3	

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7950 gr	7950 gr	7950 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm3	3249 cm3	3249 cm3
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	12980.00 gr	12987.00 gr	12979.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5030.00 gr	5037.00 gr	5029.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.548 gr/cm3	1.550 gr/cm3	1.548 gr/cm3
PROMEDIO		1.549 gr/cm3	

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

LABORATORIO UNCA JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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 LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE

MUESTRA : GRAVA

FECHA : 10 DE OCTUBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
3"	76.200					
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	21.65	0.62	0.62	99.38	
3/4"	19.050	254.68	7.28	7.90	92.10	100 %
1/2"	12.700	586.24	16.75	24.64	75.36	90 - 100 %
3/8"	9.525	1087.65	31.08	55.72	44.28	40 - 70 %
1/4"	6.350	864.55	24.70	80.42	19.58	
N04	4.760	685.23	19.58	100.00	0.00	0 - 15 %
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0	
TOTAL		3500.00	100.00			
% PERDIDA		0.00				

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial = 3500 gr.

Tamaño máx. nominal = 3/4 "

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

Ing. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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 LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE

MUESTRA : ARENA

FECHA : 10 DE OCTUBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.
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	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %
No8	2.380	60.12	12.02	12.02	87.98	80 - 100 %
No10	2.000					
No16	1.190	59.24	11.85	23.87	76.13	50 - 85 %
No20	0.840					
No30	0.590	120.34	24.07	47.94	52.06	25 - 60 %
No40	0.420					
No 50	0.300	115.62	23.12	71.06	28.94	10 - 30 %
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	89.41	17.88	88.95	11.05	2-10%
No200	0.074	50.21	10.04	98.99	1.01	
BASE		5.06	1.01	100	0.00	
TOTAL		500.00	100.00			
% PERDIDA		1.01				

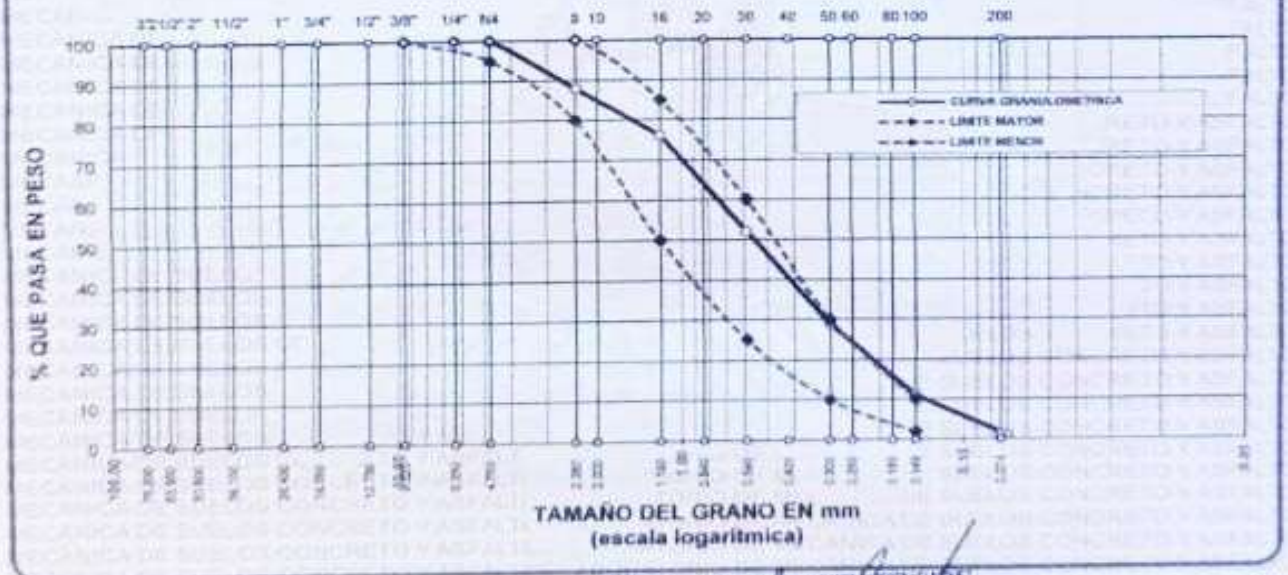
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Inicial = 500 gr.

Módulo de Fineza = 2.44

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN TARA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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

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

TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO
SOLICITANTE : Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE
CANTERA : RIO CRUCERO
UBICACIÓN : DISTRITO DE CRUCERO
FECHA : 10 DE OCTUBRE 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** Kg./cm.^{2} a los 28 dias
entonces la resistencia promedio F'cr = 294 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	2.29	2.49
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1549	1731
P.U. Suelto	1430	1522
% de Absorción	3.10	3.69
% de Humedad Natural	1.11	8.29
Modulo de Fineza	-	2.44

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1. El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
2. Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal 3/4" (19.05mm)
3. 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/m3
4. Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: **2.0** %
5. Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: **0.56**
6. De acuerdo a la información obtenida en los items 3 y 4 el requerimiento de cemento será de

(205 Lt/m3) / (0.56) = 367 Kg/m3

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - DAP. INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

7. De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 2.44 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1549 Kg/m3 y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.656 m3 de agregado grueso por m3 de concreto.
Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

(0.6562)*(1549) = 1016 Kg/m3

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:

Volúmen absoluto de agua	= (205)/(1000)	= 0.205
Volúmen absoluto de cemento	= (367)/(2.88 * 1000)	= 0.128
Volúmen absoluto de agregado grueso	= (1016)/(2.29 * 1000)	= 0.444
Volúmen de aire atrapado	= (2.0)/(100)	= 0.020
Volúmen sub total	=	0.796

Volúmen absoluto de arena

Por tanto el peso requerido de arena seca será de: = (1.000 - 0.796) = 0.204 m3

(0.204)*(2.49)* 1000 = 507 Kg/m3

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:

Agregado grueso húmedo (1016)*(1.011132) = 1027 Kg.
Agregado Fino húmedo (507)*(1.0829) = 549 Kg.

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:

$$205 - 1016 * \left(\frac{1.11 - 3.1}{100} \right) - 507 \left(\frac{8.29 - 3.69}{100} \right) = 202$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN
	(Kg/m3)	PESO SECO	(Kg/m3)	PESO HÚMEDO
Cemento	366	1.00	367	1.00
Agua	208	0.57	202	0.55
Agreg. Grueso	1048	2.86	1027	2.80
Agreg. Fino	496	1.36	549	1.50
Aire	2.0 %		2.0 %	

8.64 BOLSAS / m3 DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42.50 Kg
Agregado fino húmedo	63.55 Kg
Agregado grueso húmedo	118.86 Kg
Agua efectiva	

LABORATORIO MECÁNICA JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies3

1.0 Bolsa de Cemento		Redondeo	
- 1.48	p3 de Arena	1.5	p3 de Arena
- 2.94	p3 de Grava	2.9	p3 de Grava
- 23	Lt de Agua	23	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 item 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

UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FICSA - CAP. INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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 LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO
SOLICITANTE : Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE
MUESTRA : PATRÓN + ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN PORCENTAJES DE 3%, 5%, 7%, 10%
LUGAR : DISTRITO DE CRUCERO
FECHA : 09 DE OCTUBRE DEL 2024

EDAD : 7 DIAS

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-1	28864	15.01	176.95	163.12	210	2/10/2024	9/10/2024	7	77.68%
2	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-2	28855	14.98	176.24	163.73	210	2/10/2024	9/10/2024	7	77.96%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-3	28894	15.01	176.95	163.29	210	2/10/2024	9/10/2024	7	77.76%
4	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-4	28822	14.98	176.24	163.54	210	2/10/2024	9/10/2024	7	77.88%
5	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-5	28806	15.01	176.95	162.79	210	2/10/2024	9/10/2024	7	77.52%
6	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSÍLICE - M-1	30015	15.01	176.95	169.62	210	2/10/2024	9/10/2024	7	80.77%
7	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSÍLICE - M-2	30128	15.01	176.95	170.26	210	2/10/2024	9/10/2024	7	81.08%
8	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSÍLICE - M-3	30094	14.98	176.24	170.76	210	2/10/2024	9/10/2024	7	81.31%
9	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSÍLICE - M-4	30045	14.98	176.24	170.48	210	2/10/2024	9/10/2024	7	81.18%
10	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSÍLICE - M-5	30016	15.01	176.95	169.63	210	2/10/2024	9/10/2024	7	80.78%
11	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSÍLICE - M-1	32306	15.01	176.95	182.57	210	2/10/2024	9/10/2024	7	86.94%
12	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSÍLICE - M-2	32310	15.01	176.95	182.59	210	2/10/2024	9/10/2024	7	86.95%
13	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSÍLICE - M-3	32345	14.98	176.24	183.53	210	2/10/2024	9/10/2024	7	87.39%
14	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSÍLICE - M-4	32354	14.98	176.24	183.58	210	2/10/2024	9/10/2024	7	87.42%
15	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSÍLICE - M-5	32396	15.01	176.95	183.08	210	2/10/2024	9/10/2024	7	87.18%
16	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSÍLICE - M-1	34442	15.01	176.95	194.64	210	2/10/2024	9/10/2024	7	92.69%
17	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSÍLICE - M-2	34485	15.01	176.95	194.89	210	2/10/2024	9/10/2024	7	92.80%
18	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSÍLICE - M-3	34450	15.01	176.95	194.69	210	2/10/2024	9/10/2024	7	92.71%
19	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSÍLICE - M-4	34511	15.01	176.95	195.03	210	2/10/2024	9/10/2024	7	92.87%
20	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSÍLICE - M-5	34500	15.01	176.95	194.97	210	2/10/2024	9/10/2024	7	92.84%
21	PROBETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSÍLICE - M-1	32804	14.99	176.48	185.88	210	2/10/2024	9/10/2024	7	88.51%
22	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSÍLICE - M-2	32885	15.00	176.71	186.10	210	2/10/2024	9/10/2024	7	88.62%
23	PROBETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSÍLICE - M-3	32807	14.99	176.48	185.90	210	2/10/2024	9/10/2024	7	88.52%
24	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSÍLICE - M-4	32894	14.98	176.24	186.64	210	2/10/2024	9/10/2024	7	88.88%
25	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSÍLICE - M-5	32813	15.00	176.71	185.69	210	2/10/2024	9/10/2024	7	88.42%

OBSERVACIONES:

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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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 LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE

MUESTRA : PATRÓN + ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN PORCENTAJES DE 3%, 5%, 7%, 10%

LUGAR : DISTRITO DE CRUCERO

FECHA : 16 DE OCTUBRE DEL 2024

EDAD : 14 DIAS

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	PROBETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-1	32804	14.99	176.48	185.88	210	2/10/2024	16/10/2024	14	88.51%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-2	32885	15.00	176.71	186.10	210	2/10/2024	16/10/2024	14	88.62%
3	PROBETA DE PRUEBA 14.99 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-3	32807	14.99	176.48	185.90	210	2/10/2024	16/10/2024	14	88.52%
4	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-4	32894	14.98	176.24	186.64	210	2/10/2024	16/10/2024	14	88.88%
5	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-5	32813	15.00	176.71	185.69	210	2/10/2024	16/10/2024	14	88.42%
6	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSILICE - M-1	34442	15.01	176.95	194.64	210	2/10/2024	16/10/2024	14	92.69%
7	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSILICE - M-2	34485	15.01	176.95	194.89	210	2/10/2024	16/10/2024	14	92.80%
8	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSILICE - M-3	34450	15.01	176.95	194.69	210	2/10/2024	16/10/2024	14	92.71%
9	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSILICE - M-4	34511	15.01	176.95	195.03	210	2/10/2024	16/10/2024	14	92.87%
10	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSILICE - M-5	34500	15.01	176.95	194.97	210	2/10/2024	16/10/2024	14	92.84%
11	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSILICE - M-1	35871	15.01	176.95	202.72	210	2/10/2024	16/10/2024	14	96.53%
12	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSILICE - M-2	35879	15.01	176.95	202.76	210	2/10/2024	16/10/2024	14	96.55%
13	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSILICE - M-3	35918	15.01	176.95	202.98	210	2/10/2024	16/10/2024	14	96.66%
14	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSILICE - M-4	35880	15.01	176.95	202.77	210	2/10/2024	16/10/2024	14	96.58%
15	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSILICE - M-5	35886	15.01	176.95	202.80	210	2/10/2024	16/10/2024	14	96.57%
16	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSILICE - M-1	36284	15.01	176.95	205.05	210	2/10/2024	16/10/2024	14	97.64%
17	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSILICE - M-2	36260	14.98	176.24	205.74	210	2/10/2024	16/10/2024	14	97.97%
18	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSILICE - M-3	36274	15.01	176.95	205.00	210	2/10/2024	16/10/2024	14	97.62%
19	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSILICE - M-4	35853	14.98	176.24	203.43	210	2/10/2024	16/10/2024	14	96.87%
20	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSILICE - M-5	36235	15.01	176.95	204.78	210	2/10/2024	16/10/2024	14	97.51%
21	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSILICE - M-1	35653	15.01	176.95	201.48	210	2/10/2024	16/10/2024	14	95.94%
22	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSILICE - M-2	35674	14.98	176.24	202.42	210	2/10/2024	16/10/2024	14	96.39%
23	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSILICE - M-3	35695	15.01	176.95	201.72	210	2/10/2024	16/10/2024	14	96.06%
24	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSILICE - M-4	35684	14.98	176.24	202.47	210	2/10/2024	16/10/2024	14	96.42%
25	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSILICE - M-5	34650	15.01	176.95	197.51	210	2/10/2024	16/10/2024	14	94.05%

OBSERVACIONES:

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA PROF. DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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 LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO
SOLICITANTE : Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE
MUESTRA : PATRÓN + ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN PORCENTAJES DE 3%, 5%, 7%, 10%
LUGAR : DISTRITO DE CRUCERO
FECHA : 30 DE OCTUBRE DEL 2024

EDAD : 28 DIAS

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-1	37994	15.01	176.95	214.72	210	2/10/2024	30/10/2024	28	102.25%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-2	37995	15.01	176.95	214.72	210	2/10/2024	30/10/2024	28	102.25%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-3	37998	15.01	176.95	214.74	210	2/10/2024	30/10/2024	28	102.26%
4	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-4	37999	14.98	176.24	215.61	210	2/10/2024	30/10/2024	28	102.67%
5	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA PATRON - M-5	37997	14.98	176.24	215.60	210	2/10/2024	30/10/2024	28	102.67%
6	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSILICE - M-1	39784	15.01	176.95	224.83	210	2/10/2024	30/10/2024	28	107.06%
7	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSILICE - M-2	39756	14.98	176.24	225.58	210	2/10/2024	30/10/2024	28	107.42%
8	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSILICE - M-3	39724	15.01	176.95	224.49	210	2/10/2024	30/10/2024	28	106.90%
9	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSILICE - M-4	39795	15.01	176.95	224.89	210	2/10/2024	30/10/2024	28	107.09%
10	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 3% DE NANOSILICE - M-5	39788	15.01	176.95	224.85	210	2/10/2024	30/10/2024	28	107.07%
11	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSILICE - M-1	42965	15.01	176.95	242.81	210	2/10/2024	30/10/2024	28	115.62%
12	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSILICE - M-2	42990	14.98	176.24	243.93	210	2/10/2024	30/10/2024	28	116.16%
13	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSILICE - M-3	42964	15.01	176.95	242.80	210	2/10/2024	30/10/2024	28	115.62%
14	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSILICE - M-4	42982	15.01	176.95	242.90	210	2/10/2024	30/10/2024	28	115.67%
15	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 5% DE NANOSILICE - M-5	42940	15.01	176.95	242.67	210	2/10/2024	30/10/2024	28	115.56%
16	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSILICE - M-1	43309	15.01	176.95	244.75	210	2/10/2024	30/10/2024	28	116.55%
17	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSILICE - M-2	43520	14.98	176.24	246.94	210	2/10/2024	30/10/2024	28	117.59%
18	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSILICE - M-3	43569	15.01	176.95	246.23	210	2/10/2024	30/10/2024	28	117.25%
19	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSILICE - M-4	43239	14.98	176.24	245.34	210	2/10/2024	30/10/2024	28	116.83%
20	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 7% DE NANOSILICE - M-5	42964	15.01	176.95	242.80	210	2/10/2024	30/10/2024	28	115.62%
21	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSILICE - M-1	42316	15.01	176.95	239.20	210	2/10/2024	30/10/2024	28	113.90%
22	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSILICE - M-2	42281	14.98	176.24	239.91	210	2/10/2024	30/10/2024	28	114.24%
23	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSILICE - M-3	42243	15.01	176.95	238.73	210	2/10/2024	30/10/2024	28	113.68%
24	PROBETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSILICE - M-4	42344	14.98	176.24	240.16	210	2/10/2024	30/10/2024	28	114.41%
25	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm MUESTRA MP + 10% DE NANOSILICE - M-5	42164	15.01	176.95	238.28	210	2/10/2024	30/10/2024	28	113.47%

OBSERVACIONES:

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FCIP - E.P. INGENIERÍA CIVIL
Ing. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NORMA ASTM C - 78

TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO
SOLICITANTE : Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE
MUESTRA : PATRÓN + ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN PORCENTAJES DE 3%, 5%, 7%, 10%
LUGAR : DISTRITO DE CRUCERO
FECHA : 16 DE OCTUBRE DEL 2024

EDAD : 14 días

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LUZ LIBRE	PROMEDIO		LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm2
					cm	b (cm)	h (cm)		
1	MP - M-1	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.01	15.02	1696.26	25.21
2	MP - M-2	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	14.99	15.03	1698.34	25.33
3	MP - M-3	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.01	15.03	1695.52	25.20
4	MP - M-4	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.03	15.00	1686.66	24.99
5	MP - M-5	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.03	15.05	1689.78	25.20
6	MP + 3% NANOSILICE - M-1	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.00	15.02	1804.88	26.83
7	MP + 3% NANOSILICE - M-2	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.00	15.01	1811.37	26.84
8	MP + 3% NANOSILICE - M-3	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.04	15.07	1815.44	26.90
9	MP + 3% NANOSILICE - M-4	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.02	15.04	1806.36	26.79
10	MP + 3% NANOSILICE - M-5	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.00	15.02	1817.42	26.92
11	MP + 5% NANOSILICE - M-1	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.03	15.05	2286.42	33.99
12	MP + 5% NANOSILICE - M-2	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	14.98	15.02	2298.56	34.06
13	MP + 5% NANOSILICE - M-3	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.05	15.01	2234.33	33.10
14	MP + 5% NANOSILICE - M-4	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.06	15.02	2280.00	33.87
15	MP + 5% NANOSILICE - M-5	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.02	15.05	2295.87	34.01
16	MP + 7% NANOSILICE - M-1	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.02	15.05	1915.06	28.48
17	MP + 7% NANOSILICE - M-2	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.00	15.02	1909.23	28.28
18	MP + 7% NANOSILICE - M-3	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.05	15.01	1918.57	28.42
19	MP + 7% NANOSILICE - M-4	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.05	15.01	1916.66	28.39
20	MP + 7% NANOSILICE - M-5	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.01	14.98	1925.92	28.53
21	MP + 10% NANOSILICE - M-1	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.05	15.03	1874.24	27.41
22	MP + 10% NANOSILICE - M-2	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.00	15.01	1897.41	27.52
23	MP + 10% NANOSILICE - M-3	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.01	15.03	1902.34	27.71
24	MP + 10% NANOSILICE - M-4	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.04	15.01	1897.05	27.72
25	MP + 10% NANOSILICE - M-5	2/10/2024	16/10/2024	14	30.00	15.06	15.04	1872.09	27.47

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

LABORATORIO UNCA JEFATURA
Ing. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁZQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NORMA ASTM C - 78

TESIS : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO
SOLICITANTE : Bach. GIOVANI RAUL SOTO QUISPE
MUESTRA : PATRÓN + ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN PORCENTAJES DE 3%, 5%, 7%, 10%
LUGAR : DISTRITO DE CRUCERO
FECHA : 30 DE OCTUBRE DEL 2024

EDAD : 28 días

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LUZ LIBRE	PROMEDIO		LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm2
					cm	b (cm)	h (cm)		
1	MP - M-1	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	14.98	15.01	2180.32	32.11
2	MP - M-2	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.00	15.03	2186.12	32.09
3	MP - M-3	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.03	15.03	2171.56	32.39
4	MP - M-4	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.03	15.01	2179.62	32.29
5	MP - M-5	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.02	15.05	2170.87	32.27
6	MP + 3% NANOSILICE - M-1	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.00	15.00	2307.44	34.30
7	MP + 3% NANOSILICE - M-2	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.01	15.01	2296.12	34.02
8	MP + 3% NANOSILICE - M-3	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.04	15.02	2309.59	34.22
9	MP + 3% NANOSILICE - M-4	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.00	15.04	2303.67	34.13
10	MP + 3% NANOSILICE - M-5	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.02	15.02	2297.33	34.03
11	MP + 5% NANOSILICE - M-1	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.03	15.04	2788.42	41.45
12	MP + 5% NANOSILICE - M-2	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.00	15.03	2784.36	41.25
13	MP + 5% NANOSILICE - M-3	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.02	15.01	2770.28	41.13
14	MP + 5% NANOSILICE - M-4	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.06	15.01	2797.52	41.44
15	MP + 5% NANOSILICE - M-5	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.01	15.05	2790.69	41.46
16	MP + 7% NANOSILICE - M-1	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.02	15.05	2459.87	36.56
17	MP + 7% NANOSILICE - M-2	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.04	15.01	2461.39	36.47
18	MP + 7% NANOSILICE - M-3	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.05	15.01	2467.46	36.55
19	MP + 7% NANOSILICE - M-4	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.05	15.01	2459.59	36.44
20	MP + 7% NANOSILICE - M-5	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.01	15.02	2467.87	36.59
21	MP + 10% NANOSILICE - M-1	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.02	15.03	2410.41	35.42
22	MP + 10% NANOSILICE - M-2	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.02	15.01	2421.87	35.90
23	MP + 10% NANOSILICE - M-3	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.01	15.01	2498.42	35.14
24	MP + 10% NANOSILICE - M-4	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.04	15.01	2499.78	35.75
25	MP + 10% NANOSILICE - M-5	2/10/2024	30/10/2024	28	30.00	15.02	15.04	2430.41	35.72

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

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ
FICIC CAP. INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
JEFATURA
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00292811

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X] Fecha de entrega: 13-11-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: GIOVANI RAUL SOTO QUISPE
Dirección: JIRÓN MADRE DE DIOS B6-5 - JULIACA
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 47080884
Teléfono: 960768819 email: sotoquispegiovaniraul@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]
Título: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NANOSÍLICE EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ESTADO ENDURECIDO UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA DEL DISTRITO DE CRUCERO DE LA PROVINCIA DE CARABAYA REGIÓN DE PUNO
Palabras claves, (3 a 5 términos): NANOSÍLICE, CONCRETO, RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV [1,2]?
1

[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, entre 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

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Titulo ☐ 2da Especialidad ☐ Maestria ☐ 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)

☒ Si, autorizo que se deposite inmediatamente.

☐ Si, 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 comérciales de su producción intelectual?

Si: 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.

☐ Si autorizo

☒ No autorizo

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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.

[X] Internacional

[ ] Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



Firma de Autor | huella digital | 13 de noviembre del 2025 (Fecha)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/