

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Análisis en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia; $f'c=300$ kg/cm² con el uso de aditivo plastificante y adición de microsílíce, Abancay 2023

Asesor:

Mg. Ing. Mendívil Maldonado, Ángel

Autor:

Vargas Navarro, Yan Carlos

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Abancay- Apurímac- Perú

2025



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 017

En la ciudad de Abancay año 2025 en el mes de febrero día lunes del 24 siendo las 09:00 am, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0161-2025- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 14 de febrero del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Ing. Cayo Baca, Holguer
Dictaminante :	Dra. Vera Teves, Rosa Marina
Replicante :	Dr. Soto Palomino, Wilfredo

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Análisis en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$, con el uso de aditivo plastificante y adición de microsilíce, Abancay 2023

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Vargas Navarro, Yan Carlos

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Vargas Navarro, Yan Carlos	Aprobado

Siendo las 10:23 de la mañana concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Ing. Cayo Baca, Holguer

Dictaminante: Dra. Vera Teves, Rosa Marina

Replicante: Dr. Soto Palomino, Wilfredo

Abancay 03 de febrero del 2025

Análisis en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia $f'c=300$ kg/cm² con el uso de aditivo plastificante y adición de microsílíce, Abancay 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	3%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	1%

Metadatos

Datos del autor	
Apellidos y nombres	: Vargas Navarro Yan Carlos
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Numero de Documento de Identidad	: 76785254
URL ORCID	: https://orcid.org/0009-0003-7543-7717
Datos del asesor	
Apellidos y nombres	: Mg. Ing. Mendivil Maldonado, Ángel
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 06788424
URL ORCID	: https://orcid.org/0000-0001-9002-1910
Datos de la investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela profesional	: Ingeniería civil
Línea de investigación	: Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	: 2023 - 2025
Fuente de financiamiento	: Auto Financiado
Porcentaje de similitud	: 18%
URL OCDE	: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

A mis padres, pilares de mi vida, dedico esta tesis como testimonio de mi amor y gratitud. Su inquebrantable fe en mis capacidades me ha sostenido en los momentos más difíciles, inspirándome a perseguir mis sueños con determinación. Su ejemplo de resiliencia y dedicación es el faro que guía mi camino. Este logro es también suyo, un humilde reflejo de su incansable sacrificio y amor incondicional.

Agradecimiento

Extiendo mi más sincero agradecimiento a mi asesor, cuya sabiduría y paciencia han sido fundamentales en este viaje académico. A mis compañeros, por su amistad y apoyo, y a todos los profesores que han enriquecido mi aprendizaje. Agradezco a la universidad por brindarme las herramientas y oportunidades para crecer. Mi gratitud también a mis amigos y familiares, cuyo constante ánimo ha sido mi fuente de fortaleza. Este logro es el fruto de su generoso apoyo y creencia en mi potencial.

Resumen

La investigación tiene como objetivo determinar la variación en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia $f'_c=300 \text{ kg/cm}^2$ con el uso de aditivo plastificante y adición de microsílíce, Abancay 2023. Metodología presento un método inductivo, tipo aplicada, nivel de investigación explicativa con diseño experimental donde la población de estudio fueron las probetas para medir la resistencia mecánica incorporando aditivos plastificantes y microsílíce cuyos resultados fueron El concreto patrón alcanzó una resistencia de (228.22, 256.27 y 300.28) Kg-f/cm^2 a los (7, 14 y 28) días, respectivamente. El concreto con microsílíce al 3.5 % alcanzó una resistencia de (241.74, 271.55 y 316.62) Kg-f/cm^2 a los (7, 14 y 28) días, respectivamente. El concreto con aditivo plastificante al 0.9 % alcanzó una resistencia de (232.55, 256.75 y 297.26) Kg-f/cm^2 a los (7, 14 y 28) días, respectivamente. Llegándose a la conclusión que la adición de microsílíce al concreto muestra un aumento gradual en la resistencia a los 28 días, lo que indica un efecto positivo en la resistencia mecánica del concreto de mediana resistencia. Es importante destacar que la dosificación de 3.5% de microsílíce y un diseño combinado de 3.5.% Microsílíce y 0.9 % Plastificante, exhibe la mayor resistencia entre todas las muestras, lo que sugiere que esta cantidad puede ser óptima para alcanzar la máxima resistencia mecánica.

Palabras clave: Propiedades mecánicas, concreto, mediana resistencia, aditivo plastificante, microsílíce.

Abstract

The research aims to determine the variation in the mechanical properties of medium-strength concrete $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ with the use of plasticizer additive and microsilica addition, Abancay 2023. The methodology followed an inductive method, applied type, explanatory research level with an experimental design where the study population consisted of test specimens to measure mechanical strength by incorporating plasticizer additives and microsilica. The results showed that the standard concrete reached a strength of (228.22, 256.27, and 300.28) Kg-f/cm^2 at (7, 14, and 28) days, respectively. The concrete with 3.5% microsilica achieved a strength of (241.74, 271.55, and 316.62) Kg-f/cm^2 at (7, 14, and 28) days, respectively. The concrete with 0.9% plasticizer additive reached a strength of (232.55, 256.75, and 297.26) Kg-f/cm^2 at (7, 14, and 28) days, respectively. The conclusion reached is that the addition of microsilica to the concrete shows a gradual increase in strength at 28 days, indicating a positive effect on the mechanical strength of medium-strength concrete. It is important to highlight that the 3.5% microsilica and a combined design of 3.5% Microsilica and 0.9% Plasticizer dosage exhibited the highest strength among all samples, suggesting that this amount may be optimal for achieving maximum mechanical strength.

Keywords: mechanical properties, high strength concrete, plasticizing admixture, microsilica.

Índice general

Portada.....	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos Complementarios	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
Índice general	ix
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xii
I. Introducción.....	15
II. Planteamiento del Problema.....	17
2.1. Descripción y formulación problemática.....	17
2.2. Objetivos de la investigación.....	20
2.2.1. Objetivo general.....	20
2.2.2. Objetivos específicos	20
2.3. Justificación e importancia	21
2.4 Hipótesis	22
2.5. Variables	23
III. Marco Teórico.....	25
3.1. Antecedentes de investigación.....	25
3.2. Bases teóricas.....	31
3.3. Definición de términos	44
IV. Metodología.....	47
4.1. Tipo y nivel de investigación.....	47

4.2. Ámbito temporal y espacial	47
4.3. Población y muestra.....	48
4.4. Instrumento	51
4.5. Procedimiento	53
4.6. Análisis estadístico	56
4.7. Consideraciones éticas	56
V. Resultado y discusión	58
5.1. Resultados.....	58
5.2. Discusión de Resultados	79
5.3. Prueba de Hipótesis	85
VI. Conclusiones.....	91
VII. Recomendaciones.....	93
VIII. Referencias	94
IX. Anexos	98

Índice de tablas

Tabla 1 Características Técnicas del Concreto Convencional.....	32
Tabla 2 Tipos de Cemento Portland y sus aplicaciones de acuerdo con la Norma ASTM C150.....	34
Tabla 3 Clasificación general según tamaño	36
Tabla 4 Clasificación de los agregados según su forma.....	37
Tabla 5 Tipos de Aditivos Químicos de acuerdo a la Norma ASTM C-494.....	39
Tabla 6 Unidades de estudio.....	48
Tabla 7 Diseño de las mezclas.....	54
Tabla 8 f'c de concreto patrón a los 7 días	58
Tabla 9 f'c con adición de microsilice 1.5% a los 7 días	58
Tabla 10 f'c con adición de microsilice 2.5% a los 7 días	59
Tabla 11 f'c con adición de microsilice 3.5% a los 7 días	59
Tabla 12 f'c con adición de plastificante 0.9 % a los 7 días.....	60
Tabla 13 f'c con adición de plastificante 1.8 % a los 7 días.....	60
Tabla 14 f'c con adición de plastificante 2.7 % a los 7 días.....	61
Tabla 15 f'c de concreto patrón a los 14 días	61
Tabla 16 f'c con adición de micro sílice a 1.5 % a los 14 días.....	62
Tabla 17 f'c con adición de micro sílice a 2.5 % a los 14 días.....	62
Tabla 18 f'c con adición de micro sílice a 3.5 % a los 14 días.....	63
Tabla 19 f'c con adición de aditivo plastificante 0.9 % a los 14 días	63
Tabla 20 f'c con adición de aditivo plastificante 2.7 % a los 14 días	64
Tabla 21 f'c con adición de aditivo plastificante 1.8 % a los 14 días	64
Tabla 22 f'c patrón a los 28 días.....	65
Tabla 23 f'c con adición de micro sílice a 1.5 % a los 28 días.....	65
Tabla 24 f'c con adición de micro sílice a 2.5 % a los 28 días.....	66
Tabla 25 f'c con adición de micro sílice a 3.5 % a los 28 días.....	66
Tabla 26 f'c con adición plastificante a 0.9 % a los 28 días.....	67
Tabla 27 f'c con adición plastificante a 1.8 % a los 28 días.....	67
Tabla 28 f'c con adición plastificante a 2.7 % a los 28 días.....	68
Tabla 29 f'c con adición plastificante a 3.5. % y 0,9% a los 28 días	68
Tabla 30 Consolidada f'c patrón	69
Tabla 31 Consolidada f'c con adición de micro sílice a 1.5 %	70

Tabla 32 Consolidada f^c con adición de micro sílice a 2.5 %	70
Tabla 33 Consolidada f^c con adición de micro sílice a 3.5 %	71
Tabla 34 Consolidada resistencia a la compresión de probetas de concreto con plastificante al 0.9 %	72
Tabla 35 Consolidada f^c con plastificante al 1.8 %	73
Tabla 36 Consolidada f^c con plastificante al 2.7 %	74
Tabla 37 Variación en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia $f^c=300 \text{ kg/cm}^2$ con el uso de aditivo plastificante y adición de microsilice.....	75
Tabla 38 Variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f^c=300 \text{ kg/cm}^2$ incorporando aditivo plastificante al 0.9%, 1.8% y 2.7%	76
Tabla 39 Variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f^c=300 \text{ kg/cm}^2$ incorporando micro sílice al 1.5%, 2.5% y 3.5%	77
Tabla 40 Variación del esfuerzo a compresión, incorporando aditivo plastificante y microsilice, Abancay 2023.....	78

Índice de figuras

Figura 1 Relación de la resistencia a la compresión vs la relación de agua cemento	42
Figura 2 Consolidada f^c patrón	69
Figura 3 Consolidada f^c con adición de micro sílice a 1.5 %	70
Figura 4 Consolidada f^c con adición de micro sílice a 2.5 %	71
Figura 5 Consolidada f^c con adición de micro sílice a 3.5 %	72
Figura 6 Consolidada f^c con plastificante al 0.9 %	73
Figura 7 Consolidada f^c con plastificante al 1.8 %	74
Figura 8 Consolidada f^c con plastificante al 2.7 %	75
Figura 9 Variación en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia $f^c=300$ kg/cm ² con el uso de aditivo plastificante y adición de microsilice	76
Figura 10 Variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f^c=300$ kg/cm ² incorporando aditivo plastificante al 0.9%, 1.8% y 2.7%	77
Figura 11 Analizar la variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f^c=300$ kg/cm ² incorporando micro sílice al 1.5%, 2.5% y 3.5%	78
Figura 12 Variación del esfuerzo a compresión, incorporando aditivo plastificante y microsilice, Abancay 2023	79
Figura 13 Campana de Gauss Jordán y tabla de t Student	86
Figura 14 Campana de Gauss Jordán y tabla de t Student	88
Figura 15 Campana de Gauss Jordán y tabla de t Student	90

Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de Consistencia	99
Anexo 2. Informe de laboratorio	100
Anexo 3. Certificado de Calibración.....	163
Anexo 4. Panel Fotográfico.....	169

I. Introducción

La presente investigación se denomina “Análisis en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ con el uso de aditivo plastificante y adición de microsílíce, Abancay 2023”, surge del interés por desarrollar concretos de mediana resistencia cumplan con los requisitos estructurales esenciales. La creciente demanda de construcciones más seguras y económicas, junto con la necesidad de materiales que reduzcan el impacto ambiental, motivó la realización de esta investigación. Para su desarrollo nuestro estudio se divide en 9 capítulos.

En el capítulo I se desarrolló la introducción de la investigación consignando la realidad problemática, justificación e importancia del estudio.

En el capítulo II: se detalla la situación problemática y los propósitos de la investigación, analizando la influencia de los componentes plastificantes y microsílíce en el comportamiento mecánico del concreto. Se busca identificar las modificaciones en las propiedades del concreto de resistencia media $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ al incorporar un aditivo que actúa como plastificante y superplastificante según su concentración, además de microsílíce. La dosificación del aditivo permite evaluar características mecánicas para conseguir un material apropiado para estructuras y pavimentos. La razón fundamental del estudio es brindar una opción viable donde el concreto logre una resistencia ideal mediante aditivos, siendo aplicable en distintos proyectos de ingeniería civil.

En el capítulo III: Teorías relacionadas la cual es base fundamental para nuestra investigación, realizando diversas revisiones literarias y bibliográficas sobre nuestras variables de estudio que aborda estudios previos y teorías relacionadas con el concreto de mediana resistencia, aditivos plastificantes y microsílíce. y presentando los antecedentes con más relevancia tanto en el contexto internacional, nacional y regional.

En el capítulo IV: Se detalla el enfoque metodológico del estudio, siendo de naturaleza aplicada y fundamentada en bases teóricas establecidas, específicamente en los protocolos de pruebas definidos por la NTP y ASTM. El trabajo se enmarca en un diseño experimental debido a la manipulación de la V.I, detallando los procesos e instrumentos para el acopio de data, que incluye la elaboración de especímenes, ejecución de pruebas y metodología para el procesamiento de datos. Se respalda en referencias bibliográficas verificables sobre métodos y ensayos de laboratorio, utilizando formatos específicos para cada prueba y su respectivo registro de resultados.

El capítulo V los hallazgos alcanzados se discuten en la siguiente sección, donde se evalúa el impacto de los aditivos en las propiedades mecánicas del concreto. Finalmente, se concluye el trabajo con una síntesis de los hallazgos, implicaciones prácticas y recomendaciones para investigaciones futuras. Este enfoque estructurado permite una comprensión clara y profunda del impacto de los aditivos en el concreto de mediana resistencia, contribuyendo así al avance en el campo ingenieril.

Finalmente se desarrollaron los capítulos finales donde se describió las conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos finales de la investigación.

II. Planteamiento del Problema

2.1. Descripción y formulación problemática

Hoy en día, la mayoría de las edificaciones civiles se construyen principalmente con concreto, gracias a su moderada capacidad de resistencia, la cual se deriva de sus características y propiedades inherentes. En los últimos tiempos, el sector construcción ha demandado una optimización en las fórmulas de mezcla del concreto. Esta evolución ha llevado a la incorporación de componentes superiores y materiales con atributos mejorados. Entre las innovaciones más notables se encuentra la integración de aditivos minerales como la microsílíce, que potencia significativamente las cualidades del concreto, elevando tanto su resistencia compresiva como su longevidad estructural. Los concretos de mediana resistencia se caracterizan por su baja proporción agua-cemento en su formulación, lo cual afecta su manejabilidad, haciendo necesario incorporar aditivos plastificantes y superplastificantes. Los aspectos cruciales que definen la calidad del concreto son su capacidad de resistencia y su perdurabilidad en el tiempo (Otiniano, 2019).

En la coyuntura presente, la implementación de aditivos plastificantes y microsílíce experimenta un desarrollo orientado a generar mejoras sustanciales en la industria constructiva, específicamente en edificaciones y obras de infraestructura vial, a través del empleo de materiales y equipamiento fabricados mediante la reorganización de elementos atómicos y moleculares, que resultan en características distintivas a precios accesibles. Particularmente, la microsílíce emerge como ejemplo paradigmático al potenciar de manera considerable la resistencia estructural en las mezclas de concreto, (Hiram y Adrianzen, 2022).

El sector construcción en Latinoamérica experimentó un crecimiento debido al aumento poblacional, impulsando proyectos de mayor escala. Esto requirió mejorar el concreto, incorporando materiales como el microsílíce, que optimiza su composición y características mecánicas.

En construcción, el microsílíce aumenta la adherencia del hormigón fresco, el rebote del material, además de mejorar la eficiencia del bombeo. (Cajelima y Morales, 2020).

Perú enfrenta un desafío debido al crecimiento poblacional y la inmigración, especialmente en Lima. Según El Comercio (2019), la tasa de crecimiento de la ciudad es del 1% anual, pero la migración ha quintuplicado este ritmo. Sin embargo, Perú no avanza tecnológicamente en construcciones modernas, ya que la mayoría de profesionales usan la resistencia estándar $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, insuficiente para grandes obras (Peña, 2020).

La respuesta baja de las estructuras en resistencia y permeabilidad se relaciona con el deficiente control y mala trabajabilidad en obra. El uso limitado de aditivos químicos se debe al desconocimiento y falta de trabajadores especializados, a pesar de contar con diversos recursos y condiciones ambientales únicas.

Recientemente, la investigación se ha enfocado en mejorar la tecnología de materiales. El uso de microsílíce y aditivos plastificantes es cada vez más común en hormigones de alto desempeño, adaptándose a cada lugar. Estos hormigones destacan por su resistencia compresiva, trabajabilidad y comportamiento en climas extremos” (Peña, 2020).

El estudio se delimitó al análisis de las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia de $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, utilizando aditivo plastificante y microsílíce en la ciudad de Abancay durante el año 2023. Se enfocó principalmente en la evaluación del “ $f'c$ ”, determinando cómo el uso de estos componentes influyó en su comportamiento mecánico. El trabajo se realizó bajo condiciones controladas de laboratorio, sin incluir variaciones en otros parámetros de la mezcla o factores externos.

Las crecientes exigencias en proyectos de infraestructura, especialmente en zonas urbanas como Abancay, han impulsado la búsqueda de materiales de construcción con mejores propiedades mecánicas, que no solo aseguren una mayor resistencia. Una de las causas principales que motivaron este estudio fue la necesidad de mejorar el rendimiento del

concreto de mediana resistencia en términos de “ f_c ”, sin sacrificar su trabajabilidad. El uso de aditivos plastificantes y la adición de microsilice se presenta como una solución prometedora para optimizar estas características, lo que justifica su análisis en condiciones específicas de Abancay.

Las consecuencias de la incorporación de estos componentes pueden ser significativas. El aditivo plastificante mejora la fluidez del concreto, facilitando su colocación y reduciendo el consumo de agua, mientras que la microsilice contribuye a mejorar la resistencia a plazo largo y lo durable del material y mejorando la cohesión interna. Sin embargo, es necesario evaluar cómo estas mejoras impactan en el “ f_c ” bajo las condiciones locales.

El principal aporte de esta tesis radica en proporcionar datos y conocimientos sobre el comportamiento del concreto de mediana resistencia modificado con aditivo plastificante y microsilice en Abancay, un distrito que presenta desafíos específicos en términos de clima y condiciones geotécnicas. Este análisis permitirá optimizar el diseño de concreto “mezclas” para próximos proyectos de construcción, lo que contribuirá en la mejora de la calidad y sostenibilidad de las obras en la región, además de servir como referencia para otras localidades con condiciones similares.

Planteamiento del problema

2.1.1. Problema general

¿Cuál es la variación en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia $f_c=300 \text{ kg/cm}^2$ con el uso de aditivo plastificante y adición de microsilice, Abancay 2023?

2.1.2. Problemas específicos

P.E-1 ¿Cuál es la variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ incorporando aditivo plastificante al 0.9%, 1.8% y 2.7% de dosificación en la ciudad de Abancay 2023?

P.E-2: ¿Cuál es la variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ incorporando micro sílice al 1.5%, 2.5% y 3.5% de dosificación en la ciudad de Abancay 2023?

P.E-3: ¿Cuál es la variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ incorporando micro sílice al 3.5% y aditivo plastificante al 0.9 % de dosificación en la ciudad de Abancay 2023?

2.2. Objetivos de la investigación

2.2.1. Objetivo general

Determinar la variación en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ con el uso de aditivo plastificante y adición de microsilice, Abancay 2023.

2.2.2. Objetivos específicos

O.E-1: Precisar la variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ incorporando aditivo plastificante al 0.9%, 1.8% y 2.7% de dosificación en la ciudad de Abancay 2023.

O.E-2: Analizar la variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ incorporando micro sílice al 1.5%, 2.5% y 3.5% de dosificación en la ciudad de Abancay 2023.

O.E-3: Analizar la variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ incorporando micro sílice al 3.5% y aditivo plastificante al 0.9 % de dosificación en la ciudad de Abancay 2023.

2.3. Justificación e importancia

2.3.1. Justificación

La presente investigación busca determinar la variación en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia $f'c$ 300 kg/cm² con el uso de aditivo plastificante y adición de microsílíce para ello se justifica bajo los argumentos siguientes:

La mezcla de concreto se posiciona como el componente constructivo predominante tanto en la ciudad de Abancay como a nivel global. Por lo tanto, comprender cómo los agregados interactúan con los aditivos plastificantes y microsílíce es esencial para mejorar el concreto en cuestión de calidad en estado endurecido y garantizar estructuras más duraderas y seguras. Esta investigación proporcionará información valiosa para optimizar las mezclas de concreto y lograr propiedades deseadas como la resistencia.

Además, busca distribuir el uso eficiente de los recursos locales, ya que en Abancay tiene fuentes de agregados que son diferentes en términos de calidad y características en comparación con otras regiones. Por lo tanto, investigar el comportamiento de estos agregados específicos en relación con los aditivos plastificantes y microsílíce permitirá utilizar de manera más eficiente los recursos locales, reduciendo la dependencia de fuentes externas y potencialmente disminuyendo los costos de construcción.

Así mismo, al enfrentar desafíos relacionados con los agregados y los aditivos plastificantes, esta investigación proporcionará soluciones adaptadas a las condiciones particulares de Abancay en 2023. Esto ayudará a los profesionales de la construcción y a los ingenieros a abordar las problemáticas locales y evitar posibles fallas o problemas en las estructuras.

2.3.2. Importancia

Por otro lado, la presente investigación contribuirá a la aplicación efectiva de estándares y regulaciones relacionadas con la construcción. Al comprender cómo los agregados influyen en el rendimiento del concreto endurecido con el uso de aditivos, se podrán establecer pautas más claras y recomendaciones específicas que garanticen la calidad y la seguridad de infraestructuras ejecutadas en la región. Así mismo, genera avance en el conocimiento científico, ya que contribuirá en el contexto ingenieril y de la construcción.

2.4 Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

HG: El uso de aditivo plastificante y adición de microsilice influye significativamente la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, Abancay 2023.

2.4.2. Hipótesis Específicas

H.E-1: El uso de aditivo plastificante influye significativamente en la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, Abancay 2023.

H.E-2: El uso de microsilice influye significativamente en la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, Abancay 2023.

H.E-3: El uso de microsilice y aditivo plastificante influye significativamente en la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, Abancay 2023.

2.5. Variables

Variable - Independientes

- Adición de microsilice y plastificante

Variable - Dependientes

- Propiedades mecánicas del concreto

Tabla 1
Matriz de operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escalas de medición
Variable dependiente Propiedades mecánicas del concreto:	El comportamiento de sus propiedades mecánicas en estado endurecido es: comprensión y tiene que ser determinadas sobre probetas mediante ensayos normados. (Montalvo, 2015)	Se refiere a la evaluación cuantitativa de las características físicas del concreto que determinan su capacidad para resistir cargas y deformaciones. En esta investigación, las propiedades mecánicas se medirán mediante ensayos de resistencia a la comprensión, tracción y flexión según las normas técnicas vigentes (por ejemplo, ASTM C39 para comprensión y ASTM C78 para flexión).	Resistencia a la comprensión Según indica el ASTM C39 y la NTP 339.034 es una técnica que reside en aplicar una carga de comprensión axial a un espécimen de concreto o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada según la norma NTP 339.034 y es registrada una vez ocurra la falla. El cálculo de la resistencia a la comprensión en un espécimen de concreto es dada por la división de la carga máxima alcanzada entre el área de la sección de la probeta (NTP 339.034, 2008)	Ensayo a comprensión	Ensayo Resistencia a la comprensión NTP 339.034	de razón
Variable Independiente Uso de aditivos plastificante microsíllice	Sustancias o productos que, incorporados al hormigón, mortero o pasta, antes o durante el amasado, producen una modificación deseada de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento en dicho hormigón, mortero o pasta, en estado fresco y/o endurecido.	Se refiere a la incorporación de aditivos superplastificantes y microsíllice en la mezcla de concreto para mejorar su trabajabilidad, resistencia mecánica y durabilidad. En esta investigación, el uso de plastificantes se medirá en función de la reducción del contenido de agua sin afectar la resistencia final del concreto, mientras que la microsíllice se cuantificará en porcentaje de reemplazo del cemento	Aditivo plastificante es una sustancia química que se agrega al concreto durante su mezcla para mejorar su trabajabilidad y manejabilidad.	Porcentaje de aditivo en relación al peso de cemento: Aditivos plastificantes (0.9%;1.8%, 2.7%)	Formato de dosificación	de razón
			Micro sílice es un material amorfo extremadamente fino y altamente reactivo que se obtiene como un subproducto de la producción de silicio o ferrosilicio. En la industria de la construcción, la microsíllice se utiliza como un aditivo en el concreto	Porcentaje de aditivo en relación al peso de cemento: microsíllice (1.5%;2.5%,3.5%)	Formato de dosificación	de razón

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes de investigación

A nivel internacional

Cerpa y Montenegro (2021) en su trabajo "Impacto de aditivos superplastificantes y retardantes sobre características estructurales y físicas del concreto elaborado con agregados silíceos" cuyo objetivo fue determinar cómo estos componentes químicos afectan el desempeño estructural al interactuar con áridos silíceos. Metodología de la investigación empleó metodología cuantitativa e inductiva, de tipo aplicada y alcance explicativo. Sus descubrimientos establecieron concentraciones ideales de 0,5% para superplastificantes y 0,03% para retardantes. Los resultados revelaron que estos aditivos interactúan favorablemente con los componentes silíceos, mejorando la resistencia compresiva y el equilibrio térmico, siendo particularmente efectivos los superplastificantes derivados de policarboxilatos.

Ranjan (2021) desarrolló el estudio "Analysis of mechanical behavior in high-performance concrete incorporating silica fume, fly ash and steel fibers " para examinar las propiedades mecánicas del CAR empleando humo de sílice (HS), cenizas volantes (CV) y fibra de acero (FA). La investigación experimental incorporó CV y HS como reemplazos del cemento, combinados con FA en proporción al volumen del hormigón. La experimentación se realizó con CV en proporciones de 0%, 15% y 30%, mientras que el HS se dosificó en 0%, 6%, 12% y 18%. El estudio se ejecutó en tres fases: primero se evaluaron especímenes con las combinaciones mencionadas sin FA, analizando su comportamiento a compresión, flexión y tracción. La segunda fase incorporó 0.5% de FA manteniendo las proporciones anteriores de CV y HS. Finalmente, se preparó una tercera serie de muestras añadiendo 1% de FA. Los resultados demostraron que la máxima f'_c , flexión y tracción se logró con la combinación de 15% CV, 12% HS y 1% FA.

Díaz y Torres (2020) en su trabajo "Evaluación de diversas proporciones de aditivos superplastificantes (AS) y su impacto en las características mecánicas del concreto hidráulico elaborado con áridos gruesos silíceos de diversos TMN" establecieron como objetivo fundamental examinar el impacto que generan los "AS" en las pastas de concreto, evaluando la relación entre las dosificaciones utilizadas y el comportamiento físico-mecánico del concreto tanto endurecido como fresco, teniendo en cuenta el uso de árido grueso de tipo silíceo. La metodología implementada fue de carácter experimental, descriptivo correlacional. Los resultados evidenciaron que las mezclas diseñadas con agregado silíceo demuestran apropiada consistencia y trabajabilidad, aunque se registró un pequeño descenso en el $f'c$. Concluyendo que al integrar aditivos superplastificantes en las mezclas de concreto, es necesario mantener proporciones bajas cuando se usa agregado grueso tipo silíceo, esto significa que, según el fabricante del aditivo y el intervalo de dosis indicada en las especificaciones técnicas, se recomienda optar por las cantidades menores, para alcanzar un mejor desempeño en las propiedades, particularmente en la resistencia ($F'c$).

Torres (2020) en su trabajo "Estudio de la relación entre el (T.M.N) del agregado silíceo grueso y la dosificación de superplastificantes en mezclas de concreto" propuso cuantificar la influencia del T.M.N del agregado silíceo grueso en la cantidad requerida de superplastificante para mezclas de concreto hidráulico. La investigación varió las proporciones del aditivo y dimensiones del agregado grueso, a través de ensayos destructivos y no destructivos, evaluando manejabilidad, consistencia y $f'c$. El enfoque metodológico fue experimental, combinando análisis descriptivo, cualitativo y cuantitativo. Se realizaron pruebas de asentamiento y compresión con tres T.M.N: 1"; $\frac{3}{4}$ "; y $\frac{1}{2}$ "; aplicando dosificaciones de superplastificante de 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6% y 0.8%, midiendo resistencias a 7, 14 y 28 días, con relación a/c constante de 0.47. Los ensayos evidenciaron que para T.M.N. 1" con 0.2% de aditivo se obtuvo 5708.32 PSI de resistencia y 150 mm de

asentamiento. Con T.M.N. $\frac{3}{4}$ " y 0.4% de aditivo se alcanzó 4931.95 PSI y 178 mm de asentamiento; mientras que con T.M.N. $\frac{1}{2}$ " y 0.4% de aditivo resultó en 150 mm de asentamiento y 4627.30 PSI. El estudio demostró la correlación entre T.M.N y dosis de aditivo, donde cantidades iguales generan diferentes asentamientos, mostrando incrementos proporcionales al T.M.N y relación directa con la proporción agua-cemento. Las pruebas compresivas revelaron resultados favorables, con aumentos lineales según el T.M.N y cantidad de aditivo utilizada.

Bocajá y Quevedo (2020) en su proyecto de investigación "Correlación entre relación a/c y (F'c) para agregados del Río Guayuriba con máximo tamaño nominal (T.M.N.) de 1", $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ " establecieron como objetivo principal elaborar un método técnico que permitiera, utilizando áridos pétreos y materiales cementantes específicos, conseguir concretos con diversos asentamientos y resistencias, ofreciendo una alternativa en diseño de mezclas para los contratistas de la región de Meta en Colombia. En sus diseños de mezclas emplearon principalmente materiales pétreos del Río Guayuriba, cemento portland tipo I (42.5 kg), arena lavada y tres T.M.N. para el agregado grueso de 1", $\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ ". Trabajaron con relaciones a/c de 0.35, 0.45, 0.55, 0.65 y 0.75, basándose en la normativa colombiana NTC 174, NTC 3318 y las Especificaciones del Instituto de Vías Nacional– Art. 500 y 630. Los resultados demostraron que, manteniendo constantes ciertos parámetros como el T.M.N. del agregado grueso y bajo determinadas relaciones agua/cemento, se observaron variaciones en la curva de F'c, evidenciando la importancia crucial de los áridos en el diseño de mezclas del concreto. No obstante, para alcanzar mayores resistencias, estos deben cumplir las normas técnicas de calidad respecto a granulometría, resistencia al desgaste, entre otros aspectos. Se verificó que los asentamientos están directamente relacionados con la proporción de a/c: una menor proporción a/c resultará en un asentamiento más reducido.

Coulibaly et al. (2018) en su estudio titulado “Effect of superplasticizing additives on strength characteristics and flowability of cement paste backfil” bajo el objetivo de determinar cómo incide en las características mecánicas y la manejabilidad de los rellenos de pasta de cemento (CPB) o mortero la incorporación de aditivos superplastificantes, utilizó cinco aditivos superplastificantes: ignosulfonato, naftaleno, melamina y policarboxilato, con una adición de aditivos de 5, 7 y 10% en masa seca ligante (una mezcla de 20 % de cemento ordinario Portland (OPC) y 80 % de escoria). De los cuales se estudiaron los efectos sobre los CPB formulados con OPC y los superplastificantes más efectivos. De dichos estudios se obtuvieron resultados que demostraron que el policarboxilato pudo evidenciar mejores desempeños, permitiendo alcanzar el slump deseado con un contenido de agua más bajo (entre 6% y 10%) sin alterar la resistencia mecánica. Así mismo, revela que se podría lograr una reducción en el contenido de aglutinante (del 5% al 3 %) mientras se conserva la resistencia del CPB cuando se usan mezclas de policarboxilato. Por lo tanto, se concluye que, la influencia de los superplastificantes en el rendimiento de CPB depende del tipo y la dosis de la mezcla.

A nivel nacional

Saldívar (2021) en su estudio titulado "Análisis del desempeño físico-mecánico del $f'c=210$ kg/cm² con adición de aditivo plastificante en construcciones de Huaró, Cusco 2021" tuvo como propósito principal evaluar la adición de los aditivos plastificantes sobre el comportamiento físico y mecánico del concreto diseñado para $f'c=210$ kg/cm². El autor empleó un estudio tipo aplicada y experimental (Diseño), a nivel descriptivo explicativo, utilizando un espécimen de 36 cilindros de 6" x 12". Los resultados mostraron que el concreto estandar sin aditivos alcanzó un slump de 3 in, resistencia compresiva de 227.83 kg/cm² y T° de 18°C. Al incorporar Chema Plast al 0.7%, se obtuvo un asentamiento de 3.5 in, resistencia de 229.03 kg/cm² y t° de 20°C. Con adición de SikaMent Plast al 0.7%, se logró

un slump de 3.8 in, resistencia de 229.10 kg/cm² y T° de 22°C; mientras que con CMR PLAST al 0.7% se alcanzó un asentamiento de 3.9 in, resistencia de 220.56 kg/cm² y T° de 23°C. La conclusión determinó que, al realizar un análisis comparativo entre los diferentes aditivos plastificantes bajo una dosificación constante, SikaMent Plast mostró el mejor desempeño en el f'c. No obstante, se sugiere realizar investigaciones adicionales bajo distintas condiciones para comprender mejor la influencia de cada marca de aditivo en el f'c.

Feijó y Sánchez (2020) en su investigación "Análisis del rendimiento físico-mecánico de áridos modificados con aditivos policarboxilatos para mejorar características del concreto" plantearon como meta principal perfeccionar el rendimiento del concreto utilizando aditivo superplastificante de última generación tipo policarboxilato, para optimizar las características físico - mecánico de los áridos. Aplicaron metodología deductiva, con aproximación cuantitativa, naturaleza descriptiva, correlacional y explicativa, usando diseño experimental, longitudinal y prospectivo. Las mediciones revelaron que con T.M.N. (tamaño máximo nominal) de árido grueso de 3/8", proporción a/c de 0.35 y 1.90% de aditivo policarboxilato, se obtuvo una resistencia a compresión a 28 días de 66 MPa y slump de 200mm. Al variar la relación árido fino/grueso a 1.04 con 0.25% de superplastificante, se consiguió un slump de 145mm, mientras que con proporción 1.06 y 1.35% de superplastificante, el slump excedió los 200mm. Los resultados evidenciaron que para maximizar el slump y resistencia compresiva del concreto se requiere usar un T.M.N. reducido de árido grueso y una dosificación apropiada de aditivo según la relación a/c, logrando así el punto ideal en la curva de diseño.

Anicama (2020) En su estudio "Empleo de aditivos microsilíceos y fluidificantes para la creación de hormigones de elevadas prestaciones, Lima, 2019" tuvo como propósito examinar el impacto de los aditivos microsilíceos y fluidificantes en la formulación de hormigones de alto rendimiento. Para esto, se basó en la normativa del Instituto Americano

del Concreto - ACI 2011. La metodología fue de carácter experimental, desarrollando diversas mezclas con adiciones de microsilíce al 9%, 10% y 11% sobre un diseño base, mientras que el fluidificante se agregó en proporciones de 1%, 1.3% y 1.5%, manteniendo una relación a/c de 0.38. Los hallazgos revelaron que la proporción óptima de microsilíce es del 10%, mientras que para el fluidificante es del 1.5%, logrando mayor elasticidad, trabajabilidad, resistencia y durabilidad, tanto en estado fresco como endurecido. Se concluyó que la incorporación de fluidificantes es crucial para obtener un hormigón de alto rendimiento, ya que mejora significativamente sus propiedades. No obstante, un exceso de microsilíce puede ser contraproducente, reduciendo el $f'c$ y flexión, mientras que el uso adecuado de fluidificante sí incrementa estas resistencias en las cantidades apropiadas.

Samaniego (2018) investigó la problemática de cómo los componentes afectan el rendimiento de los fluidificantes en el hormigón, desarrollando el estudio "Efecto de la química composición de áridos y cementos peruanos en la eficacia de fluidificantes para hormigón". El propósito principal fue determinar cómo la química del cemento y áridos, como la arena, influye en el rendimiento de diversos fluidificantes para hormigón; buscando establecer una correlación entre la eficacia de estos químicos aditivos y las características de los materiales que constituyen el hormigón endurecido. Metodología experimental aplicada. Los hallazgos sobre las arenas evidenciaron que su M.F y contenido arcilloso afectan la capacidad fluidificante de los aditivos y la resistencia obtenida; a menor M.F. y % de arcillas, el aditivo mostró mayor efecto fluidificante en el hormigón, logrando una consistencia más fluida por más tiempo, con resistencias mejoradas. En relación a los aditivos, se comprobó que el Naftalenosulfonato tiene mayor poder fluidificante inicial en la mayoría de los casos, mientras que el Policarboxilato mantiene la trabajabilidad por más tiempo, aproximadamente 120 minutos. Concluyendo que la eficacia de los fluidificantes depende de múltiples factores,

como las propiedades específicas del hormigón diseñado, las condiciones ambientales de uso y los requerimientos particulares de la obra donde se aplicará.

A nivel regional y local

Roldan (2022) en su trabajo "Evaluación del efecto de las propiedades geomecánicas del árido de Pachachaca sobre la resistencia compresiva y flexural del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ Abancay- 2019" buscó determinar cómo las características geomecánicas del agregado de la cantera Pachachaca afectan el $f'c$ y flexural del concreto diseñado para 280 kg/cm^2 a 28 días. El estudio fue cuantitativo, no experimental, correlacional y transversal. Se examinaron especímenes representativos de tres zonas principales productoras de agregados en la cuenca, considerando arena gruesa y piedra chancada. Los resultados compresivos mostraron: sector 1 (puente Sahuinto, C1) $f'c = 313.2 \text{ kg/cm}^2$, sector 2 (Panamericana, C2) $f'c = 326.3 \text{ kg/cm}^2$, y sector 3 (puente Colonial, C3) $f'c = 304.1 \text{ kg/cm}^2$. Para flexión: C1 $f'c = 33.5 \text{ kg/cm}^2$, C2 $f'c = 31.5 \text{ kg/cm}^2$, y C3 $f'c = 32.3 \text{ kg/cm}^2$. Esto evidencia que las propiedades geomecánicas de los agregados impactan notablemente el desempeño del concreto, excediendo la resistencia esperada. También se observó que la durabilidad de los áridos incide directamente en el $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Consecuentemente, resulta fundamental asegurar que los áridos utilizados cumplan las normas técnicas peruanas, garantizando un concreto de calidad y longevidad estructural.

3.2. Bases teóricas

Concreto

Se trata de un compuesto constructivo, también llamado hormigón, que se forma mediante la mezcla proporcionada de aglomerante cementicio, materiales pétreos, agua y, ocasionalmente, aditivos. El ligante, fruto de la reacción química entre el cemento portland y el líquido hidratante, amalgama los componentes granulares (la arena como fracción fina y la grava triturada como fracción gruesa). Estos elementos constituyen la estructura principal

del material, generando una masa que, al solidificarse, se transforma en un sólido similar a una piedra fabricada (Alvarez, 2019).

Por su parte, la Normativa E-060 sobre Concreto Armado del RNE lo describe como una combinación que incluye un aglomerante hidráulico (sea cemento portland u otro), áridos de granulometría variada (finos y gruesos), y agua. (NORMA E.060, 2019). Similarmente, la corporación Aceros Arequipa, referente en la industria siderúrgica, conceptualiza el concreto como la combinación de cemento, agregado fino, grueso y agua; destacando que la proporción de estos elementos determina la resistencia deseada, expresada como "f 'c". La capacidad resistente del concreto (f 'c) se selecciona según su aplicación específica: bases, muros estructurales, pavimentos, elementos verticales, horizontales, coberturas, entre otros (Aceros Arequipa, 2015).

Características del Concreto

Tabla 2

Características Técnicas del Concreto Convencional

Concepto	Dato
Resistencia Compresiva	100 - 350 Kg/cm ²
Edades	7, 14, 18 días
TMN	10 - 40 mm
Revenimiento	10 - 18 cm
Peso Volumétrico	2100 - 2200 kg/cm ³
Tipo de Colación	Tiro directo o bombeable

Nota. Esta tabla evidencia cuales son las principales características de un concreto convencional o normal.

Tomado de CEMIX Concreto Convencional Aracely Zúñiga Gregorio, 2013 pp.63

Propiedades del Concreto en Estado Fresco y Endurecido

A continuación, se describen de manera breve las propiedades que adquiere el concreto hidráulico en sus diferentes estados:

Propiedades del Concreto en Estado Endurecido

- **Resistencia a la Compresión**

Se define como la aptitud para resistir fuerzas y presiones compresivas, determinada principalmente por la concentración del aglomerante cementicio, expresada como la relación

a/c peso. Esta propiedad mecánica se ve afectada por elementos que afectan la resistencia de la pasta, como condiciones térmicas y temporales, además de la calidad de los áridos que completan la estructura del hormigón. El proceso de curado, que completa la hidratación, es crucial para el desarrollo de las características del concreto (NTP 339.034) (ASTM C-39) (Estrada y Monge, 2021).

- **Resistencia a la Tracción**

Esta prueba implica aplicar presión compresiva a lo largo de un cilindro de concreto hasta su ruptura diametral. La carga genera tensiones en el plano de aplicación y compresión en el área de contacto. La falla por tracción precede a la de compresión debido a que las zonas de ejecución de carga experimentan compresión triaxial en todo el espécimen, permitiéndole soportar mayor esfuerzo compresivo que en una prueba uniaxial. Esto resulta en una fractura por tracción a lo largo de la muestra (Estrada y Monge, 2021).

- **Durabilidad**

Referida a la habilidad del hormigón para resistir las condiciones ambientales, agresiones químicas, físicas, mecánicas y biológicas durante su vida útil. Está vinculada directamente con la permeabilidad de este; a menor permeabilidad, mayor durabilidad (Cerpa y Montenegro, 2021).

Cemento

Es un material obtenido al pulverizar el clínker de Portland, con la posible adición de CaSO_4 . Se permite agregar otros componentes, siempre que no superen el 1% del peso total y que la normativa respectiva asegure que su incorporación no modifica sus propiedades.

La NTP, basada en la ASTM C-150, lo describe como el aglomerante más empleado en la producción de concreto, fabricado mediante la desintegración del clínker de Portland y la inclusión de varias o una sola forma de yeso (sulfato de calcio). (ASTM C150/C150M-20, 2021).

Los cementos que cumplen con ASTM C-150 son aptos para la fabricación de concreto. En Perú, se comercializan los siguientes tipos: I, II, III, IV y V.

Tipos de Cemento

Tabla 3

Tipos de Cemento Portland y sus aplicaciones de acuerdo con la Norma ASTM C150

Tipo	Nombre	Aplicación
I	Normal o Convencional	Se utiliza en casos donde no son necesarias las características especiales designadas para otros tipos, adecuado para trabajos generales.
II	Moderada resistencia a los sulfatos	Se emplea para trabajos generales, principalmente cuando se busca una resistencia moderada a los sulfatos (entre 0.1% y 2.0% de solubles sulfatos en agua) y un calor de hidratación moderado. Es adecuado para estructuras como contrafuertes, muelles y muros de contención en climas cálidos.
III	Mediana resistencia inicial	Para usar cuando se desea mediana resistencia temprana. Utilizado para construcciones las cuales necesitan un desencofrado rápido, para poner en servicio lo más antes posible a la estructura.
IV	Baja Calor de Hidratación	Es empleado cuando la estructura, en vaciados de gran volumen, necesita un control riguroso del calor de hidratación.
V	Mediana resistencia a los sulfatos	Ofrece protección en condiciones de alta exposición a sulfatos, en suelos con concentraciones de entre 0.2% y 2% de sulfatos solubles en agua.

Nota. Esta tabla evidencia los tipos de cemento portland y sus aplicaciones según la Norma ASTM C150, esta a su vez es asumida por la Norma Técnica Peruana en cuanto a su clasificación. Norma Americana ASTM C150.

Otros Tipos de Cemento

La Norma Técnica Peruana determina cinco tipos estándar de cemento portland (C.P). Sin embargo, también se fabrica diversos tipos de cementos hidráulicos, entre los que se incluyen: (norma ASTM C 595).

- C.P Blanco
- Cementos Mezclados Hidráulicos
- C.P con Escoria de Horno Alto (Tipo ES)
- C.P con Puzolana (Tipo OP y Tipo P)
- Cemento con Escoria (Tipo S)
- C.P Modificados con Puzolanas (Tipo I(PM))

- C.P Modificado con Escoria (Tipo I(SM))
- Cementos para Mampostería
- Expansivos Cementos (Tipo K)
- Especiales Cementos

El cemento debe ajustarse a una de las normativas siguientes, America Concrete Institute, (2005):

- Portland Cement Specification” (ASTM C 150)
- Blended Hydraulic Cements Specification (ASTM C 595), excluyendo los Tipos S y SA por su incompatibilidad como componentes principales en concreto estructural
- Expansive Hydraulic Cement Specification (ASTM C 845).
- Hydraulic Cement Performance Specification” (ASTM C 1157)

Agua

El componente hídrico es fundamental en la estructura del concreto, actuando como detonante químico que otorga al material sus cualidades esenciales. Su rol básico consiste en humedecer los elementos del cemento, despertando sus capacidades adhesivas (Torres, 2020).

Para la mezcla del concreto, es imperativo utilizar agua libre de impurezas nocivas como álcalis, aceites, sales, ácidos, materia orgánica u otros elementos perjudiciales para el refuerzo metálico o concreto (UAP, 2020).

Por norma, toda agua bebible sin aromas o gustos marcados sirve para fabricar concreto. No obstante, demasiadas impurezas en el líquido mezclador pueden perjudicar el tiempo de secado, dureza, estabilidad del volumen, y generar manchas o deterioro en el refuerzo. En consecuencia, se sugiere descartar aguas con elevado contenido de partículas disueltas (UAP, 2020).

Agregados

Sustancia granulada, procedente de fuentes naturales o procesos artificiales, que abarca materiales como arenas, gravas, roca triturada y escoria siderúrgica de alto horno. Se utiliza en combinación con un cementante para la producción de hormigón o mortero.

Así mismo, Los agregados son uno de los elementos básicos de las pastas de concreto, los cuales se caracterizan por ser materiales inertes (con respecto a los demás constituyentes de la mezcla), con propiedades físicas y mecánicas fijas, las cuales no alteran el proceso de endurecimiento y a su vez garantizan la adherencia necesaria con la pasta endurecida, son de gran importancia debido a que ocupan entre el 70% y 80% del volumen total en las pastas de hormigón.

(Corrales y De La Ossa, 2013 como se citó en Ramos y Montenegro, 2021)

Tabla 4
Clasificación general según tamaño

Tama de las Partículas en mm (in)	Denominación más corriente	Clasificación	Clasificación como agregado para concreto
< 0,002	Arcilla	fracción muy fina	No apta
0,002 ≤ x ≤ 0,074 (No.200)	Limo	fracción muy fina	Material apto para producir concreto
0,074 ≤ x ≤ 4,76 (No.200)-(No.4)	Arena	Agregado grueso	Material apto para producir concreto
4,76 ≤ x ≤ 19,1 (No.4)-(3/4")	Gravilla	Agregado grueso	Material apto para producir concreto
19,1 ≤ x ≤ 50,8 (3/4")-(2")	Grava	Agregado grueso	Material apto para producir concreto
50,8 ≤ x ≤ 152,4 (2")-(6")	Piedra	Agregado grueso	Material apto para producir concreto
> 152,4 (6")	Rajón, piedra bola		

Nota. Esta tabla evidencia la clasificación general de los agregados según su diámetro, así como su disposición para el uso en el diseño de mezclas, Ferreira y Torres (s.f) pp.2

Tabla 5
Clasificación de los agregados según su forma

Clasificación	Descripción	Ejemplo
Redondeadas	Desgastadas completamente por el agua o formadas a través de procesos de fricción.	Gravas fluviales o de playa, y arenas de desierto.
Irregular	Formas irregulares por naturaleza, parcialmente redondeadas por fricción o con bordes no uniformes.	Otras gravas; pizarras de superficie o subterráneas.
Escamosa	Material con un espesor reducido en relación con sus otras partes.	Roca en láminas.
Angular	Con bordes definidos formados en la intersección de superficies casi planas.	Rocas trituradas de distintos tipos y escoria molida.
Alargada	Material generalmente angular, cuya longitud supera notablemente a sus otras dimensiones.	Encontrado en depósitos naturales, a menudo en forma de lascas.
Escamosa y alargada	Material con una longitud considerablemente mayor que su ancho, y con un ancho mayor que el espesor.	Agregado formado por rocas que han sufrido meteorización.

Nota. Esta tabla evidencia la clasificación general de los agregados según su diámetro, así como su disposición para el uso en el diseño de mezclas, Ferreira y Torres, (s.f) pp.3

Agregado Grueso

Partículas retenidas en el molde de 4,75 mm (N° 4), resultantes de la fragmentación natural o mecánica de formaciones rocosas. (RNE).

Componente derivado de la descomposición natural (arena de origen geológico) o fabricada (producida industrialmente) de rocas, que atraviesa el de 3/8" (9.51 mm) y es retenido por N° 200 (74µm), según lo especificado en la N.T.P 400.011. Su distribución granulométrica debe ajustarse a los parámetros en la NTP 400.037, en consonancia con la normativa ASTM C-33, que sugieren una granulometría dentro de los márgenes indicados en el cuadro de límites de granulometría pertinente (Estrada y Monge, 2021).

Agregado Fino

Partículas resultantes de la disgregación espontánea o inducida, capaces de atravesar un tamiz de 9,5 mm (3/8"). (RNE, s.f.).

Se denomina árido fino a las partículas de arena o roca pulverizada que atraviesan el tamiz 3/8" (9.51mm) y son retenidas en el N°200 (0.074mm), incluyendo el material en la bandeja de fondo; conforme a las especificaciones estandarizadas para áridos en concreto

NTP 400.037. Estas arenas son producto de la erosión natural de formaciones rocosas y son transportadas por corrientes de aire, acumulándose en locaciones específicas. Su clasificación se basa en el módulo de finura: (Quispe, 2021).

- Gruesa Arena; entre 2.3 – 3.1
- Media Arena; entre 1.5 – 2.3
- Fina Arena; inferior a 1.5

Influencia del Agregado en las propiedades del Concreto

Las propiedades y rasgos del concreto se determinan por tres elementos: el mortero, el material pétreo y la unión entre ambos. Al ser el agregado el elemento más abundante en la mezcla, resulta decisivo para el resultado final. Sus cualidades físicas y químicas se manifiestan de manera directa en el hormigón resultante (Diaz y Torres, 2020).

Influencia de los Agregados en las propiedades del Concreto en estado Fresco

La absorción del material es crucial para la consistencia del concreto, pues las partículas captan agua en el mezclador, reduciendo su maleabilidad. La textura, dimensión y distribución también inciden en esta característica. Una mayor área superficial requiere más pasta, disminuyendo la trabajabilidad. El material óptimo posee baja absorción y forma redondeada (Diaz y Torres, 2020).

Influencia de los Agregados en las propiedades del Concreto en estado Endurecido

Si bien la proporción agua-cemento determina la dureza del concreto sólido, los agregados son igualmente vitales. Los atributos del material como morfología, dimensión, superficie y mineralogía afectan significativamente la zona intermedia, impactando la resistencia final (Diaz y Torres, 2020).

Entre las propiedades anteriormente mencionadas la textura superficial es la que tiene La textura externa destaca como factor principal en la adhesión entre mortero y agregado grueso (Diaz y Torres, 2020). El tamaño máximo nominal también influye: al aumentar, la

resistencia disminuye. Sin embargo, la distribución granulométrica resulta más importante, pues permite mejor acomodo y menor porosidad (Díaz y Torres, 2020).

Aditivos

Los aditivos son componentes químicos añadidos durante la preparación para modificar ciertas propiedades, sin reemplazar un buen diseño base. Su selección requiere evaluar el diseño estructural, ubicación, método constructivo y factores económicos (Cemento Yura, 2020).

Los aditivos son sustancias que complementan las mezclas de concreto o mortero, junto al agua, agregados, cemento y ocasionalmente fibras. Se incorporan antes o durante el mezclado. (PSI, 2020).

Se usan principalmente para: mejorar manejabilidad sin alterar agua, reducir agua manteniendo trabajabilidad, controlar endurecimiento, evitar segregación, facilitar bombeo, acelerar resistencia inicial, aumentar resistencia general y mejorar durabilidad.

Los aditivos son elementos distintos de agua, agregados, cemento o fibras, que se agregan al concreto o mortero durante su preparación. Actualmente se emplean para ajustar las características según requisitos constructivos o económicos (Cerpa y Montenegro, 2021)

Tipos de Aditivos

Tabla 6

Tipos de Aditivos Químicos de acuerdo a la Norma ASTM C-494

Tipo	Características
A	Operan como sustancias minimizadoras de agua.
B	Se comportan como inhibidores del proceso de solidificación.
C	Laboran como catalizadores acelerantes.
D	Disminuyen el componente acuoso y ralentizan la solidificación.
E	Ejercen como reductores hídricos y también como activadores.
F	Se desempeñan como potentes minimizadores de agua.
G	Trabajan como agentes reductores de agua intensos y retardadores

Nota. Esta tabla evidencia los tipos de aditivos químicos - Norma ASTM C-494. Tomado de *Norma Americana ASTM C-494* Aracely Zúñiga Gregorio, 2013 p.69

Aditivo Plastificante

También llamados reductores de agua de alta eficacia, son sustancias que, al mezclarse con el concreto, disminuyen significativamente el volumen de H₂O necesaria para lograr la consistencia adecuada. Este efecto puede resultar en un incremento de la resistencia compresiva del concreto, debido a la reducción de la proporción agua-cemento. (Cerpa y Montenegro, 2021).

Diseño de Mezclas

“El proceso de cuantificar las dosificaciones de los factores que componen un metro cúbico de concreto se define como la aplicación práctica y técnica de conocimientos científicos sobre su composición y sus interacciones. El objetivo es crear un material que cumpla de manera óptima y económica con los requisitos específicos del proyecto de construcción” (Roldan, 2019).

Diseño de mezclas de concreto Método ACI

“El comité 211 del ACI ha elaborado un método sencillo para el diseño de mezclas. Este procedimiento se basa en tablas creadas a partir de pruebas de agregados, que permiten calcular los volúmenes de los diferentes materiales que conforman un metro cúbico de concreto". "Es común que las especificaciones de la obra impongan restricciones al responsable del diseño de la mezcla. Estas limitaciones pueden incluir” (Roldan, 2019).

- Proporción a/c
- Volumen de cemento
- Contenido Máximo de aire
- Slump
- T.M.N del árido grueso
- Resistencia Compresiva mínima

- Requerimientos específicos vinculados con la resistencia media, uso de aditivos o utilización de cementos especiales

Secuencia de diseño (Roldan, 2019)

- a. Obtención de resistencia media según compresión requerida y variación estándar constructiva
- b. Selección del agregado máximo
- c. Evaluación del descenso
- d. Obtención del volumen hídrico de diseño
- e. Cálculo del aire contenido
- f. Definición de la relación agua-cemento, según dureza y durabilidad
- g. Obtención del coeficiente cementante
- h. Cálculo del agregado grueso necesario
- i. Medición de volúmenes puros de cemento, agua, aire y pétreos gruesos
- j. Cálculo del volumen puro de arena
- k. Obtención del peso seco arenoso
- l. Medición de cantidades base de cemento, agua, aire, finos y gruesos
- m. Corrección según humedad del material
- n. Obtención de proporciones en peso, teóricas y prácticas
- o. Cálculo de cantidades por unidad de saco.

Resistencia la Compresión ($F'c$)

La resistencia representa el máximo esfuerzo que resiste el concreto antes de fracturarse, soportando fuerzas de compresión, tracción y corte, siendo más apto para compresión. Con este valor, se cataloga como normal si no supera 27.5 MPa, y mediana resistencia entre 27.5-50 MPa a 28 días. (Quispe, 2018).

Este ensayo mide la resistencia de muestras cilíndricas mediante carga axial hasta su ruptura. El valor se obtiene relacionando la fuerza entre el área del cilindro. Se realiza a 7, 14 y 28 días para verificar el cumplimiento del diseño. Si falla antes no se autoriza su uso. (Díaz y Torres, 2020).

Duff Abrams probó en 1918 que la relación agua/cemento tiene relación inversa con la resistencia del concreto, estableciéndolo matemáticamente.

$$R = \frac{A}{B^c}$$

Donde:

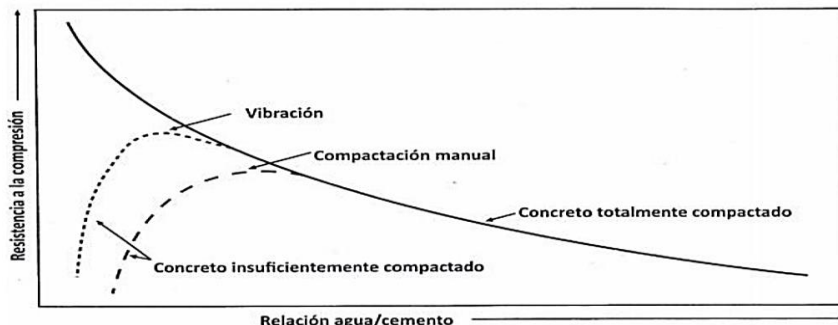
R= Resistencia compresiva

A, B= empíricas constantes para condiciones determinadas

a/c= Relación de agua cemento

Figura 1

Relación de la resistencia a la compresión vs la relación de agua cemento



Nota. El gráfico representa la curva de f^c vs la relación agua cemento, Hernández, (2010).

Microsílice

Durante su hidratación, el cemento libera calor que, al interactuar con materiales silíceos amorfos como la microsíllice en situaciones húmedas y a t° normal, genera compuestos secundarios cementantes. Estos son estables químico - físico, fortaleciendo el concreto sin producir calor adicional y mejorando su resistencia química, lo que resulta en un concreto más duradero. Además, debido a su tamaño diminuto, la microsíllice rellena los

espacios vacíos en la pasta de cemento, densificando la mezcla y reduciendo la porosidad y permeabilidad, lo que aumenta la resistencia y longevidad del concreto (Mejia,2022).

Según el ACI, la microsílíce es considerada puzolana, derivada de producir aleaciones de silicio. Sus elementos son cien veces más diminutos que el cemento. Por su fineza extrema, se agrega al mortero líquido o compactado. Su ventaja principal es aumentar la durabilidad. Potencia la defensa contra oxidación del refuerzo al reducir la penetración del mortero, impidiendo el ingreso de elementos nocivos como cloruros. (ACI , 2020).

Beneficios de la microsílíce en el cemento

La microsílíce posee alta reactividad y genera concreto puzolánico denso, baja penetrabilidad y superior resistencia eléctrica para mayor duración.

La permeabilidad del hormigón armado representa su habilidad para conservar sus cualidades funcionales y estructurales originales durante su tiempo previsto bajo las condiciones de exposición diseñadas.

Junto a un diseño y ejecución apropiados, la microsílíce ofrece características que aseguran perdurabilidad y vida útil extensa.

- Incrementa durabilidad: El microsílíce prolonga la vida del cemento.
- Fortalece contra corrosión: Su baja permeabilidad protege del cloruro al extender el tiempo necesario para alcanzar el acero e iniciar oxidación.
- Refuerza contra ataques químicos: Resiste cloruros, ideal para ambientes salinos. Útil en estructuras con químicos agresivos. Resiste ácidos grasos en industria alimentaria. Soporta ácidos minerales, fosfatos, nitratos y petroquímicos.
- Defiende de abrasión y erosión: Otorga resistencia media al desgaste alargando su duración.
- Reduce penetración acuosa: Altera reología y reacciona con hidratantes del cemento.
- Aumenta resistencia a sulfatos: Su baja permeabilidad y mediana resistencia química

mejora protección.

- Disminuye fluorescencia: Reduce $\text{Ca}(\text{OH})_2$, evitando combinación con CO_2 que causa fluorescencia.
- El microsílíce mejora notablemente propiedades del cemento, recomendando evaluar beneficios y probar dosificaciones óptimas para cada proyecto (Mendoza, 2017).
- Concreto mediana resistencia: Sirve para proyectos que requieren mayor resistencia, como edificios altos.
- Aplicaciones requiriendo resistencia media (>80 MPa) usan microsílíce como solución efectiva. Concreto ultra-resistente (>150 MPa) requiere dosis mayores. La reacción fortalece mediante empaque y puzolánica. Reduce interfaz pasta-agregado, genera cristales menores aleatorios, disminuyendo porosidad y aumentando adherencia.
- Optimiza reología en mezclas: La microsílíce previene segregación. Las fuerzas internas de sus partículas causan esto. Dosis pequeñas mejoran bombeo y autocompactación. (Blog, 2024).

3.3. Definición de términos

Aditivo: Material agregado al concreto, diferente de agua, áridos o cemento hidráulico. Se integra previa o durante la mezcla para variar las propiedades del concreto (América Concrete Institute, 2005).

Aditivo plastificante: Elemento líquido aplicado en proporciones 0.5-1% para lograr mezclas más fluidas. Minimiza agua, potenciando resistencia. Libre de cloruros, previene oxidación metálica. Optimiza manejabilidad, simplificando uso y consolidación (Sika, 2022). Como plastificante y reductor hídrico, se usa 0.5-1% (SIKAPLAST -326, 2015).

Aditivo súper plastificantes: Denominados reductores hídricos medios, funcionan como plastificantes con mayor eficacia. Reducen significativamente el agua manteniendo

trabajabilidad y resistencia. Se aplican entre 1%-1.8% como súper plastificante y reductor hídrico (SIKAPLAST -326, 2015).

Micro sílice: Usada en dosis 1.5%-3.5%, brinda cohesión interna y retención hídrica al concreto fresco. Potencia bombeo y comportamiento reológico. En concreto sólido, forma enlace químico con cal libre. La hidratación adicional genera matriz cementante más densa. (Sika, 2022).

Diseño de mezcla: Sistema para elegir la proporción óptima y económica de agua, cemento, áridos y aditivos. Busca lograr trabajabilidad adecuada en estado fresco y cumplir requisitos al endurecer. Se basa en ratios arena/piedra y a/c, usando datos de agregados. (Estrada y Monge, 2021).

Consistencia del concreto: Calidad que indica nivel de humedad según fluidez. Mayor humedad facilita el flujo durante colocación. (Feijoó y Sánchez, 2020).

Concreto: Mezcla de cemento u otro hidráulico, áridos finos, gruesos y agua, con/sin aditivos. (RNE, 2015).

Relación agua – cemento: Factor determinante para resistencia, indica proporción peso agua/cemento. Menor ratio reduce porosidad, generando concreto denso y resistente. Mínimo 0.25 para hidratación completa. Resistencia decrece al aumentar ratio. (Feijoó y Sánchez, 2020).

Resistencia a la compresión ($F'c$): Capacidad del concreto para resistir fuerzas compresivas.

Agregados: Elementos granulares naturales o artificiales, incluyendo arenas, gravas, piedras trituradas y escorias, usados con cemento para formar concreto. (RNE, s.f.).

Cemento portland: Producto de pulverizar clinker portland con posible adición cálcica. Permite aditivos hasta 1% sin afectar propiedades según norma. Aditivos pulverizados con clinker. (RNE, 2015).

Propiedades físicas – mecánicas: Atributos del concreto que definen comportamiento y resistencia, incluyendo compresión, tracción, durabilidad, densidad, absorción, expansión y elasticidad.

Tamaño máximo nominal: Abertura del tamiz mayor al que retiene 15% o más material. Resulta del análisis granulométrico, describe tamaño grupal de partículas. Difiere del TM al definir partículas mayores en fracción gruesa(SIGUD, 2017).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

Es una investigación de tipo aplicada, ya que tiene como objetivo analizar el efecto del uso de un aditivo plastificante y la adición de microsílíce en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia. La finalidad de este estudio es optimizar la composición del concreto para mejorar su desempeño estructural, lo que puede contribuir al desarrollo de construcciones más eficientes y duraderas. (Arias, 2021).

La investigación de nivel explicativa busca identificar los orígenes de situaciones o hechos bajo estudio. Según el autor, este trabajo es explicativo pues indaga las razones de un fenómeno, analizando específicamente el desempeño mecánico del concreto básico con agregados y aditivos fluidificantes (Ñaupas, 2018).

El diseño experimental permite manipular deliberadamente las variables independientes, que en este caso son el uso de un aditivo plastificante y la adición de microsílíce en diferentes proporciones, para evaluar su impacto en las propiedades mecánicas del concreto, tales como la resistencia a la compresión, A través de la elaboración y ensayo de probetas en condiciones controladas, se obtendrán datos cuantificables que permitirán determinar si la modificación en la dosificación del concreto influye significativamente en su desempeño estructural. (Arias, 2021).

4.2. Ámbito temporal y espacial

Ámbito Temporal

Se llevó a cabo durante el 2023, por lo que se considerarán las situaciones y circunstancias particulares de ese lapso. Los resultados y conclusiones estarán limitados a la situación y contexto de Abancay en ese año.

Ámbito Espacial

El ámbito espacial de la investigación se refiere al lugar geográfico donde se lleva a cabo el estudio. En este caso, la investigación se desarrolló en la ciudad de Abancay, capital de la región Apurímac.

4.3. Población y muestra

Población

Representa el conjunto completo del fenómeno estudiado que comparte determinadas características” (Ñaupas, 2018).

El universo analizado comprende 216 cilindros con resistencia base $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$, Abancay, Apurímac.

Muestra

“Es el elemento estudiado dentro del subconjunto poblacional del cual se extraen datos representativos” (Arias, 2021).

Este estudio obtendrá muestras de cilindros $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ usando agregados finos y gruesos. La obtención se realizará en obras y laboratorios de Abancay, Apurímac, según se especifica:

Unidades de estudio

Tabla 7

Unidades de estudio

CONCRETO $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$	NÚMERO DE ESPECÍMENES			
	07- DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS	TOTAL
Concreto Patrón (C.P)	3	3	3	9
Con microsilice 1.5% plastificante 0.9%	3	3	3	9
Con microsilice 2.5% plastificante 1.8%	3	3	3	9
Con microsilice 3.5% plastificante 2.7%	3	3	3	9
Microsilice 3.5% y 0.9 plastificante			3	3
	Total			66

Nota. Toda la muestra

Efectuar ensayos de $f'c$ en probetas cilíndricas, utilizando una mezcladora trompo de capacidad apropiada. Algunos especímenes se prepararán sin aditivos como "concreto de control (C.C.)", mientras que otros incorporarán una proporción específica de microsílíce y aditivo plastificante en relación al peso del cemento. El objetivo es $f'c$ de 300 Kg/cm², clasificándose como concreto de resistencia media.

Microsílíce (también conocida como sílice fumada) es un material puzolánico de alta reactividad ampliamente empleado en la industria del concreto. Su uso se debe a su capacidad para potenciar las propiedades mecánicas del hormigón, particularmente en aspectos como la resistencia compresiva, la longevidad y la disminución de la porosidad.

Investigaciones científicas han demostrado que la adición de microsílíce en proporciones de entre **5% y 10% del peso del cemento** es óptima para mejorar el " $f'c$ " del concreto de mediana resistencia (ACI 234R-96). Sin embargo, estudios más recientes también han demostrado que menores porcentajes de microsílíce (como los que se usó: 1.5%, 2.5%, y 3.5%) son efectivos para generar mejoras sustanciales en el $f'c$, sin provocar una disminución significativa en la trabajabilidad.

Evidencia científica: Un estudio realizado por Mehta y Monteiro (2014) sobre "Concrete: Microstructure, Properties, and Materials" indica que pequeñas adiciones de microsílíce (incluso inferiores al 5%) generan una considerable reducción en la porosidad del concreto y mejoran la interfase pasta-agregado, lo que incrementa el " $f'c$ ".

Justificación de las dosificaciones: La selección de 1.5%, 2.5% y 3.5% es apropiada para observar el impacto progresivo en la resistencia sin afectar la manejabilidad del concreto. Estas proporciones permiten encontrar un equilibrio entre mejorar las características mecánicas y mantener una buena manejabilidad de la mezcla. Además, estudios han mostrado que mayores cantidades de microsílíce pueden disminuir la

trabajabilidad y aumentar el riesgo de fisuración en estado fresco si no se usan superplastificantes.

Sustento para el uso de aditivos plastificantes:

Aditivos plastificantes: Son componentes químicos que se añaden al concreto para mejorar su trabajabilidad sin aumentar la cantidad de agua, lo que permite que el concreto alcance resistencias más altas con una baja relación a/c.

Dosificación recomendada: Según la normativa ASTM C494, la dosificación de plastificantes depende de las características específicas del producto, pero generalmente se sugiere entre el 0.5% y 3% del peso del cemento, lo cual coincide con las dosificaciones que has utilizado (0.9%, 1.8%, y 2.7%).

Evidencia científica: Estudios sobre aditivos plastificantes en concreto de mediana resistencia muestran que estos aditivos permiten reducir el contenido de agua necesario, manteniendo o mejorando la trabajabilidad del concreto. Por ejemplo, un trabajo de investigación publicado en la "Cement and Concrete Research" por Roy y otros (2001), muestra que el uso de superplastificantes mejora de manera significativa la resistencia final del concreto, al permitir la formación de una estructura interna más densa y compacta.

Justificación de las dosificaciones: Las proporciones de plastificantes de 0.9%, 1.8%, y 2.7% permiten explorar un rango progresivo de mejora en la manejabilidad y resistencia del concreto sin comprometer las características mecánicas finales. Además, estas dosis son seguras para evitar efectos adversos como la segregación de la mezcla.

Las dosificaciones de microfílice (1.5%, 2.5%, 3.5%) y plastificante (0.9%, 1.8%, 2.7%) que se ha considerado para este estudio están basadas en principios científicos ampliamente aceptados y respaldados por estudios que demuestran su efectividad para mejorar las características mecánicas del concreto de mediana resistencia. Estas cantidades permiten mejorar la resistencia y longevidad del concreto sin reducir su manejabilidad, lo

que es esencial para su aprovechamiento en proyectos de construcción de mediana exigencia, como lo es el concreto $f'c=300$ kg/cm².

Se analizarán muestras de concreto previamente diseñadas por el investigador, siguiendo las normas AASHTO T-22 y ASTM C-39. Los puntos clave del estudio son:

- Se utilizará concreto con una capacidad diseñada de 300 kg/cm².
- Las pruebas de resistencia se realizarán a los 7, 14 y 28 días de curado.
- Para cada variable se prepararán 3 especímenes cilíndricos, de 15 cm de diámetro y 30 cm de longitud.
- Se elaborarán muestras de control con agregados naturales, así como muestras con aditivo plastificante.
- Se evaluará ($f'c$) en los períodos de curado mencionados

Muestreo

No probabilístico por conveniencia

4.4. Instrumento

Se emplearon formularios de laboratorio, en el cual se detallará los hallazgos alcanzados en cada ensayo realizado y los procesos de estos para luego ser examinados.

Los formatos serán:

- Para el acopio de data del ensayo granulométrico
- Para el acopio de data del ensayo humedad y peso unitario.
- Para el acopio de data del ensayo de peso específico.
- para el acopio de data del ensayo de $f'c$.

Parámetros fijos

Condiciones de laboratorio

Las evaluaciones de los elementos del concreto, preparación de las mezclas y los exámenes al concreto endurecido serán realizados por el investigador principal, salvo en casos que requieran asistencia de expertos para el manejo de equipos o maquinaria específica en la recolección de datos.

Agregados para el concreto

Los áridos fino y grueso se obtendrán de la cantera puente Sahuinto

Cemento

Para todas las pastas de concreto se empleará cemento de producción nacional, específicamente cemento Tipo I Portland de la compañía Yura, fabricado según la normativa NTP 334.009 / ASTM C150.

Agua

El agua utilizada en esta investigación provendrá de la red pública de Abancay.

Adición de microsilice

Se incorporo microsilice en las pastas de concreto, SikaFume® se utiliza en concreto proyectado, estructural, prefabricado y otros campos de construcción de concreto en los que se requieren altas exigencias a la calidad en estado fresco y endurecido.

Aditivo plastificante

Se empleo el aditivo SikaCem® Plastificante es un aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce agua del concreto incrementando la resistencia; no contiene cloruros, de modo que no corroe los metales.

Método de proporcionamiento de las mezclas

Las dosificaciones de los componentes para la pasta de concreto de peso normal se calcularán utilizando el Método Faury, empleando las tablas proporcionadas por el ACI para los elementos.

Resistencias a la compresión en estudio

Se establece un $f'c$ objetivo de 300 kg/cm² para el concreto en estudio, que será de referencia y base para la dosificación de las pastas de concreto

Revenimiento

Este parámetro se fijará entre 3 y 4", considerando una plástica consistencia para lograr una pasta manejable.

Dosificación

La dosificación se siguió las especificaciones de las Fichas Técnicas. Se procedió a preparar los diseños programados para el estudio

4.5. Procedimiento

Procedimiento Experimental:

- **1. Materiales:**
- **Cemento Portland Tipo I:** El cemento utilizado deberá cumplir con las normas ASTM C150.
- **Agregados:** Arena fina y grava de acuerdo a la norma ASTM C33.
- **Agua:** Agua potable sin impurezas.
- **Microsílice:** Como aditivo mineral en diferentes dosificaciones (1.5%, 2.5%, 3.5% del peso del cemento).
- **Plastificante:** Aditivo químico plastificante en diferentes proporciones (0.9%, 1.8%, 2.7% del peso del cemento).
- **Concreto patrón (C.P):** Mezcla de concreto sin aditivos ni microsílice.

2. Preparación de las mezclas:

Las pastas de concreto deberán ser preparadas de acuerdo con la siguiente tabla de dosificaciones, utilizando los aditivos en proporciones según lo establecido en el diseño experimental.

Tabla 8
Diseño de las mezclas

Mezcla	Dosificación de Microsílice	Dosificación de Plastificante
Concreto Patrón (C.P)	0%	0%
Con microsílice 1.5% y plastificante 0.9%	1.5%,	0.9%
Con microsílice 2.5% y plastificante 1.8%	2.5%	1.8%
Con microsílice 3.5% y plastificante 2.7%	3.5%	2.7%

Nota. Elaboración propia

3. Dosificación del concreto ($f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$):

Para un diseño con un $f'c$ de 300 kg/cm^2 (30 MPa), se pueden seguir los siguientes pasos en la dosificación de los materiales:

Relación agua/cemento: Cuantificar la relación a/c adecuado para cumplir con la resistencia especificada. Se recomienda comenzar con una relación a/c de 0.50 a 0.55 y ajustarla según la trabajabilidad de la mezcla y los requerimientos del aditivo plastificante.

Contenido de cemento: Aproximadamente 350 kg/m^3 de cemento para el diseño de mezcla. Esta cantidad puede variar dependiendo del análisis granulométrico y las propiedades del agregado.

Microsílice: Aditivo mineral en dosis del 1.5%, 2.5% y 3.5% del peso del cemento, lo cual implica cantidades entre 5.25 kg a 12.25 kg por metro cúbico de concreto.

Plastificante: Aditivo químico plastificante en proporciones del 0.9%, 1.8%, y 2.7% del peso del cemento, lo cual implica cantidades entre 3.15 kg a 9.45 kg por metro cúbico de concreto.

4. Mezclado:

- Cargar la hormigonera con los agregados (arena y grava) en la proporción adecuada.
- Añadir el cemento al mezclador.
- Incorporar el agua lentamente hasta alcanzar la relación agua/cemento deseado.
- Añadir la microsílíce gradualmente, asegurando que se mezcle de manera uniforme para evitar formaciones de grumos.
- Finalmente, agregar el aditivo plastificante en la cantidad correspondiente, mezclando hasta obtener una mezcla homogénea.

5. Colado y curado de especímenes:

- Colocar el concreto fresco en moldes de 7.5 cm de radio y 30 cm de altitud, siguiendo los procedimientos estándar de colado y compactación (ASTM C31).
- Dejar endurecer los especímenes durante 24 horas antes de retirarlos de los moldes.
- Colocar los especímenes en un clima de curado húmedo a una T° constante de $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, asegurándose de que permanezcan sumergidos en agua.

6. Ensayos de resistencia a la compresión:

Realizar los ensayos de $f^{\circ}c$ en intervalos de tiempo definidos: a los 7 días, 14 días y 28 días, La norma ASTM C39, utilizando una máquina de ensayo de compresión.

- Se realizarán tres pruebas de compresión por cada mezcla y por cada tiempo de curado.
- El $f^{\circ}c$ se calculará relacionando la carga aplicada máxima sobre el objeto por el área transversal del cilindro.

7. Análisis de resultados:

- **Comparar los resultados** de $f^{\circ}c$ entre las diferentes mezclas (C.P. y las tres mezclas con diferentes porcentajes de microsílíce, plastificante y en la combinación de estas).
- **Evaluar el impacto de los aditivos** en el $f^{\circ}c$ a los 7, 14 y 28 días.

- Realizar un análisis estadístico de la data obtenida para determinar qué dosificación proporciona la mayor mejora en las propiedades del concreto.
- **Consideraciones finales:**

Este procedimiento te permitirá evaluar cómo varían las características del concreto de mediana resistencia con la inclusión de aditivos, tanto en el corto plazo (7 y 14 días) como en el largo plazo (28 días). Se espera que las dosificaciones de microsílíce y plastificante seleccionadas mejoren tanto la resistencia como la trabajabilidad del concreto, permitiendo optimizar el diseño de mezcla para aplicaciones específicas en Abancay.

4.6. Análisis estadístico

En esta fase de la investigación, se procesarán y analizarán los datos utilizando tanto estadística descriptiva como inferencial. Se calcularán medidas de tendencia central para evaluar la agrupación o dispersión de la data en torno de un valor central. Además, se emplearán métodos inferenciales para determinar propiedades de una estadística población a partir de una muestra representativa.

Los resultados se presentarán mediante Gráficos, Tablas y porcentajes, acompañados de comentarios relacionados con las hipótesis y objetivos planteados. Para llevar a cabo este proceso, se emplearán instrumentos informáticos apropiadas, incluyendo Excel y SPSS V.26.

4.7. Consideraciones éticas

La investigación se fundamentará en información extraída de diversas fuentes, incluyendo libros, tesis relacionadas, publicaciones electrónicas y noticias. Todas estas referencias serán debidamente citadas siguiendo los lineamientos de la Norma APA 7ma edición.

El proyecto se desarrollará bajo principios éticos rigurosos, tanto en el ámbito laboral como académico. Se dará el debido reconocimiento a las investigaciones anteriores. La

fiabilidad de los hallazgos se asegurará mediante la realización de ensayos conforme a normas vigentes, como la Norma Técnica Peruana y las directrices del ACI. En el tiempo que dura todo el proceso, desde el trabajo de campo hasta el análisis de los hallazgos, se mantendrá una conducta íntegra y un enfoque honesto.

V. Resultado y discusión

5.1. Resultados

Resistencia a la compresión de probetas de concreto (NTP 339.034 / ASTM C39M)

Tabla 9

f'c de concreto patrón a los 7 días

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
Patrón	30.20	14.95	14.95	7	40120	175.53	300.00	228.56	76.19	228.22	columnar
	30.20	14.98	14.99	7	40250	176.36	300.00	228.23	76.08		corde
	30.20	14.98	14.99	7	40185	176.36	300.00	227.86	75.95		columnar

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto patrón a los 7 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 228.22 kg/cm².

Tabla 10

f'c con adición de microsilice 1.5% a los 7 días

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
1.5% Microsilice	30.20	14.98	14.95	7	40990	175.89	300.00	233.05	77.68	232.77	columnar
	30.20	14.98	14.99	7	41020	176.36	300.00	232.60	77.53		corde
	30.20	14.98	14.98	7	41005	176.24	300.00	232.67	77.56		corde

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de micro sílice al 1.5% a los 7 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 232.77 kg/cm².

Tabla 11*f'c con adición de microsilice 2.5% a los 7 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
2.5% Microsilice	30.10	15.00	14.99	7	41850	176.59	300.00	236.99	79.00	235.82	corte
	30.20	14.98	14.99	7	41400	176.36	300.00	234.75	78.25		corte
	30.10	15.00	14.99	7	41625	176.59	300.00	235.71	78.57		columnar

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de micro sílice al 2.5% a los 7 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 235.82 kg/cm².

Tabla 12*f'c con adición de microsilice 3.5% a los 7 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
3.5% Microsilice	30.00	14.99	14.99	7	42970	176.47	300.00	243.49	81.16	241.74	corte
	30.20	14.98	14.99	7	42350	176.36	300.00	240.14	80.05		corte
	30.00	15.00	14.99	7	42660	176.59	300.00	241.57	80.52		corte

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de micro sílice al 3.5% a los 7 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 241.74 kg/cm².

Tabla 13*f'c con adición de plastificante 0.9 % a los 7 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
0.9% Plastificante	30.20	14.98	14.95	7	40930	175.89	300.00	232.71	77.57	232.55	corte
	30.20	14.98	14.99	7	41003	176.36	300.00	232.50	77.50		corte
	30.20	14.98	14.98	7	40967	176.24	300.00	232.45	77.48		corte

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de plastificante al 0.9 % a los 7 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 232.55 kg/cm².

Tabla 14*f'c con adición de plastificante 1.8 % a los 7 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
1.8% Plastificante	30.10	15.00	14.99	7	40060	176.59	300.00	226.85	75.62	227.07	columnar
	30.20	14.98	14.99	7	40102	176.36	300.00	227.39	75.80		corte
	30.10	15.00	14.99	7	40081	176.59	300.00	226.97	75.66		corte

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de plastificante al 1.8% a los 7 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 227.07 kg/cm².

Tabla 15*f'c con adición de plastificante 2.7 % a los 7 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
2.7% Plastificante	30.00	14.99	14.99	7	39050	176.47	300.00	221.28	73.76	221.23	corte
	30.20	14.98	14.99	7	39033	176.36	300.00	221.33	73.78		corte
	30.00	15.00	14.99	7	39042	176.59	300.00	221.08	73.69		corte

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de plastificante al 2.7% a los 7 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 221.23 kg/cm².

Tabla 16*f'c de concreto patrón a los 14 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
Patrón	30.10	15.00	14.99	14	45290	176.59	300.00	256.47	85.49	256.27	columnar
	30.00	15.01	15.00	14	45260	176.83	300.00	255.96	85.32		corte
	30.00	15.00	14.99	14	45275	176.59	300.00	256.38	85.46		columnar

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto patrón a los 14 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 256.27 kg/cm².

Tabla 17*f'c con adición de micro sílice a 1.5 % a los 14 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
1.5% Microsilice	30.05	15.02	15.00	14	45700	176.95	300.00	258.27	86.09	259.47	columnar
	30.06	15.00	14.99	14	46020	176.59	300.00	260.60	86.87		corte
	30.01	15.01	14.99	14	45860	176.71	300.00	259.52	86.51		corte

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de micro sílice al 1.5% a los 14 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 259.47 kg/cm².

Tabla 18*f'c con adición de micro sílice a 2.5 % a los 14 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
2.5% Microsilice	30.00	14.99	14.99	14	46485	176.47	300.00	263.41	87.80	236.68	corte
	30.02	14.98	15.01	14	46620	176.59	300.00	264.00	88.00		corte
	30.00	15.00	14.99	14	46553	176.59	300.00	263.62	87.87		columnar

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de micro sílice al 2.5% a los 14 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 236.68 kg/cm².

Tabla 19*f'c con adición de micro sílice a 3.5 % a los 14 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
3.5% Microsilice	30.03	15.01	14.99	14	47800	176.71	300.00	270.50	90.17	271.55	cor-te
	30.00	15.00	15.01	14	48170	176.83	300.00	272.41	90.80		cor-te
	30.04	15.00	14.99	14	47985	176.59	300.00	271.73	90.58		cor-te

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de micro sílice al 3.5% a los 14 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 271.55 kg/cm².

Tabla 20*f'c con adición de aditivo plastificante 0.9 % a los 14 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
0.9% Plastificante	30.01	15.01	15.00	14	45560	176.83	300.00	257.65	85.88	256.75	cor-te
	30.00	15.00	15.02	14	45240	176.95	300.00	255.67	85.22		cor-te
	30.10	15.02	14.98	14	45400	176.71	300.00	256.92	85.64		cor-te

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de plastificante 0.9% a los 14 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 256.75 kg/cm².

Tabla 21*f'c con adición de aditivo plastificante 1.8 % a los 14 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
1.8% Plastificante	30.02	15.00	15.00	14	43790	176.71	300.00	247.81	82.60	246.03	columnar
	30.00	15.01	14.99	14	43200	176.71	300.00	244.47	81.49		corde
	30.01	15.02	15.00	14	43495	176.95	300.00	245.81	81.94		corde

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de plastificante 1.8 % a los 14 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 246.03 kg/cm².

Tabla 22*f'c con adición de aditivo plastificante 2.7 % a los 14 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
2.7% Plastificante	30.00	15.00	15.01	14	42040	176.83	300.00	237.75	79.25	237.57	corde
	30.02	15.02	14.99	14	41940	176.83	300.00	237.18	79.06		corde
	30.02	14.99	15.00	14	41990	176.59	300.00	237.78	79.26		corde

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de plastificante 2.7 % a los 14 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 237.57 kg/cm².

Tabla 23*f'c patrón a los 28 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
Patrón	30.10	15.00	14.99	28	53201	176.59	300.00	301.27	100.42	300.28	columnar
	30.00	15.01	15.00	28	52899	176.83	300.00	299.16	99.72		corte
	30.00	15.00	14.99	28	53050	176.59	300.00	300.41	100.14		columnar

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto patrón a los 28 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 300.28 kg/cm².

Tabla 24*f'c con adición de micro sílice a 1.5 % a los 28 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
1.5% Microsilice	30.05	15.02	15.00	28	54007	176.95	300.00	305.22	101.74	305.26	columnar
	30.06	15.00	14.99	28	53900	176.59	300.00	305.22	101.74		corte
	30.01	15.01	14.99	28	53954	176.71	300.00	305.32	101.77		corte

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de micro sílice al 1.5% a los 28 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 305.26 kg/cm².

Tabla 25*f'c con adición de micro sílice a 2.5 % a los 28 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
2.5% Microsilice	30.00	14.99	14.99	28	54612	176.47	300.00	309.46	103.15	309.26	corte
	30.02	14.98	15.01	28	54588	176.59	300.00	309.12	103.04		corte
	30.00	15.00	14.99	28	54600	176.59	300.00	309.19	103.06		columnar

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de micro sílice al 2.5% a los 28 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 309.26 kg/cm².

Tabla 26*f'c con adición de micro sílice a 3.5 % a los 28 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
3.5% Microsilice	30.03	15.01	14.99	28	56101	176.71	300.00	317.48	105.83	316.62	corte
	30.00	15.00	15.01	28	55799	176.83	300.00	315.56	105.19		corte
	30.04	15.00	14.99	28	55950	176.59	300.00	316.83	105.61		corte

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de micro sílice al 3.5% a los 28 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 316.62 kg/cm².

Tabla 27*f'c con adición plastificante a 0.9 % a los 28 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
0.9% Plastificante	30.01	15.01	15.00	28	52451	176.83	300.00	296.62	98.87	297.25	corte
	30.00	15.00	15.02	28	52674	176.95	300.00	297.69	99.23		corte
	30.10	15.02	14.98	28	52563	176.71	300.00	297.45	99.15		corte

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de plastificante 0.9 % a los 28 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 297.25 kg/cm².

Tabla 28*f'c con adición plastificante a 1.8 % a los 28 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
1.8% Plastificante	30.02	15.00	15.00	28	51878	176.71	300.00	293.58	97.86	291.77	columnar
	30.00	15.01	14.99	28	51285	176.71	300.00	290.22	96.74		corte
	30.01	15.02	15.00	28	51582	176.95	300.00	291.51	97.17		corte

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de plastificante 1.8 % a los 28 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 291.77kg/cm².

Tabla 29*f'c con adición plastificante a 2.7 % a los 28 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
2.7% Plastificante	30.00	15.00	15.01	28	50895	176.83	300.00	287.82	95.94	288.47	cor-te
	30.02	15.02	14.99	28	51078	176.83	300.00	288.86	96.29		cor-te
	30.02	14.99	15.00	28	50987	176.59	300.00	288.73	96.24		cor-te

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de plastificante 2.7 % a los 28 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 288.47 kg/cm².

Tabla 30*f'c con adición plastificante a 3.5. % y 0,9% a los 28 días*

Identificación de muestras	Medidas (cm)			Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)	Resistencia (%)	Promedio	Tipo de falla
	H	D inf.	D Sup.								
3.5% y 0.9% Microsilice Plastificante	30.00	15.00	15.01	28	56450	176.95	300.00	319.03	95.94	317.56	cor-te
	30.02	15.02	14.99	28	55889	176.83	300.00	316.12	96.29		cor-te
	30.02	14.99	15.00	28	56037	176.43	300.00	317.54	96.24		cor-te

Nota. Datos del laboratorio

Se realizó un análisis del concreto con adición de plastificante 3.5 % a los 28 días, considerando tres muestras, obteniéndose un valor promedio de 288.47 kg/cm².

Consolidado Resistencia a la compresión de probetas de concreto (NTP 339.034 / ASTM C39M)

Tabla 31

Consolidada f'c patrón

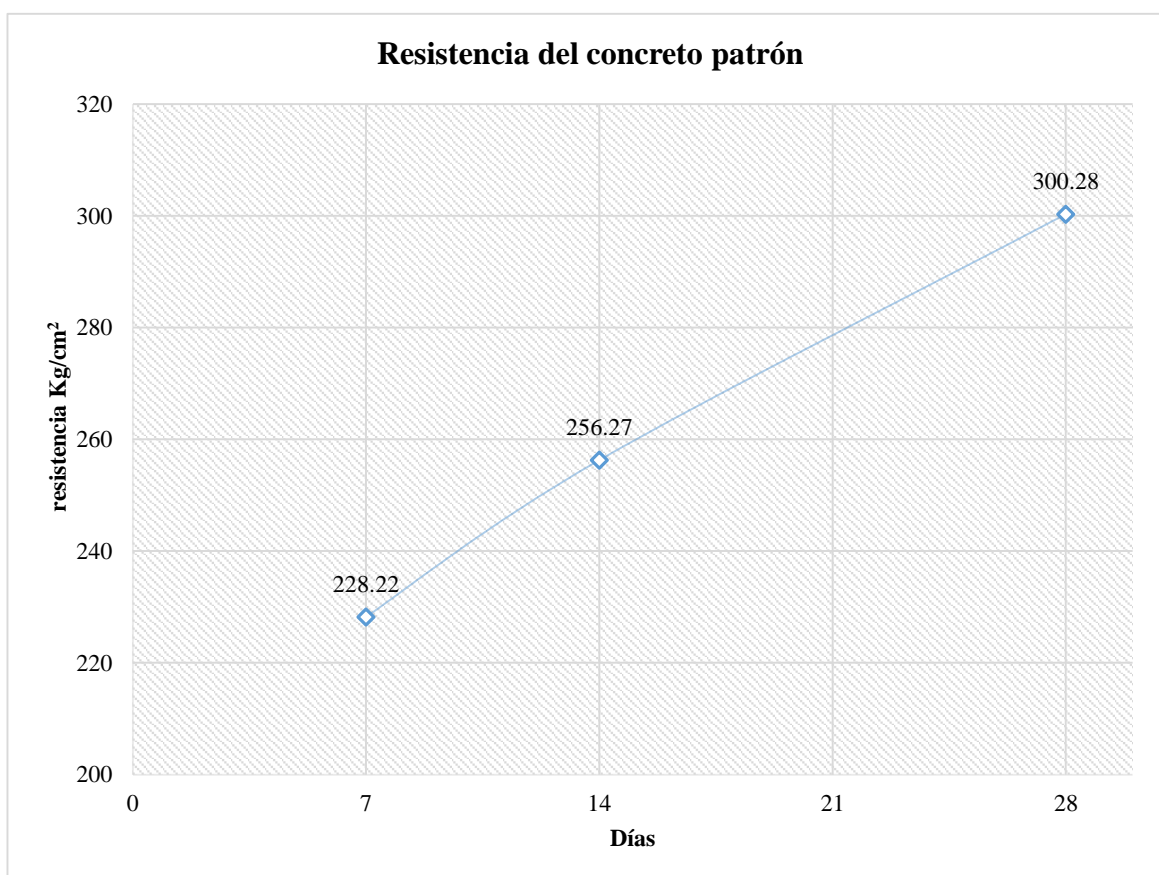
Identificación de muestras	Edad	Carga máxima	Área	Resistencia de diseño	Resistencia alcanzada
	(días)	(kg-f)	(cm ²)	(Kg-f/cm ²)	(Kg-f/cm ²)
Patrón	7	40120	175.53	300.00	228.22
	14	40250	176.36	300.00	256.27
	28	40185	176.36	300.00	300.28

Nota. Datos del laboratorio

Interpretación: El espécimen patrón alcanzó un f'c de (228.22, 256.27 y 300.28) Kg-f/cm² a los (7, 14 y 28) días, respectivamente.

Figura 2

Consolidada f'c patrón



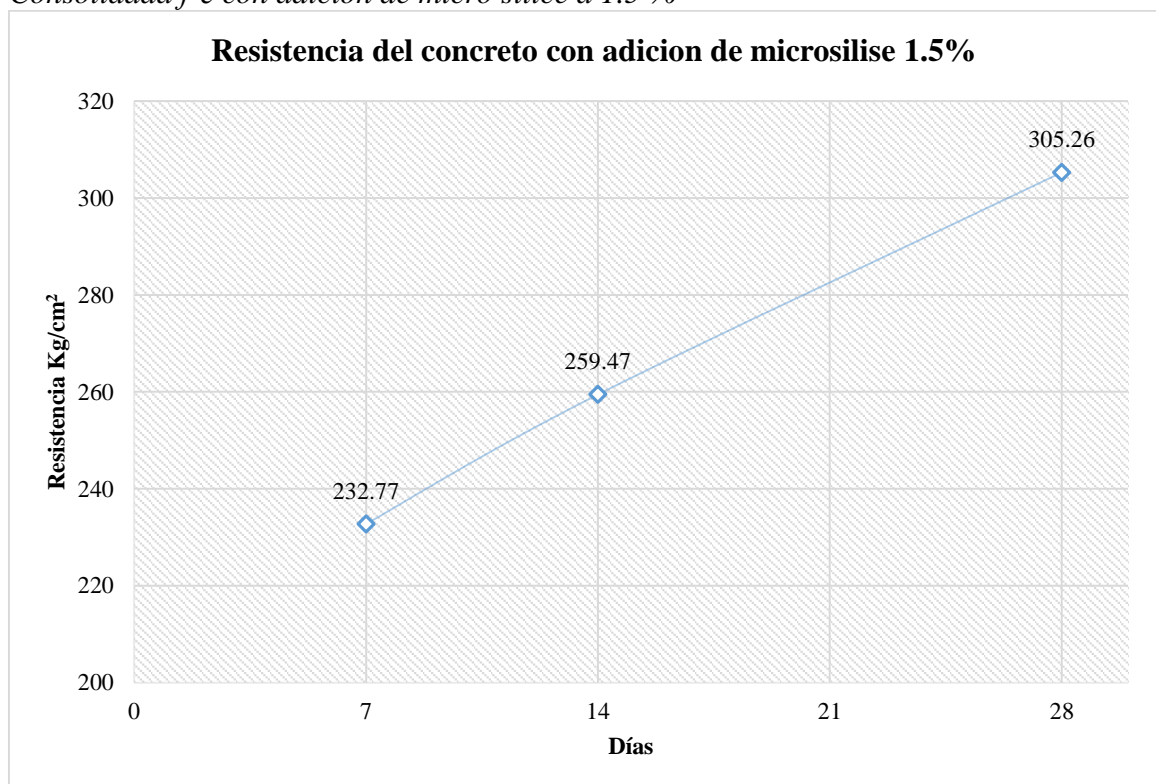
Nota. Datos del laboratorio

Tabla 32*Consolidada f'c con adición de micro sílice a 1.5 %*

Identificación de muestras	Edad	Carga máxima	Área	Resistencia de diseño	Resistencia alcanzada
	(DÍAS)	(kg-f)	(cm ²)	(Kg-f/cm ²)	(Kg-f/cm ²)
1.5% Microsilice	7	40990	175.89	300.00	232.77
	14	41020	176.36	300.00	259.47
	28	41005	176.24	300.00	305.26

Nota. Datos del laboratorio

Interpretación: El concreto con la inclusión de microsílice al 1.5 % alcanzó un f'c de (232.77, 259.47 y 305.26) Kg-f/cm² a los (7, 14 y 28) días, respectivamente.

Figura 3*Consolidada f'c con adición de micro sílice a 1.5 %**Nota. Datos del laboratorio***Tabla 33***Consolidada f'c con adición de micro sílice a 2.5 %*

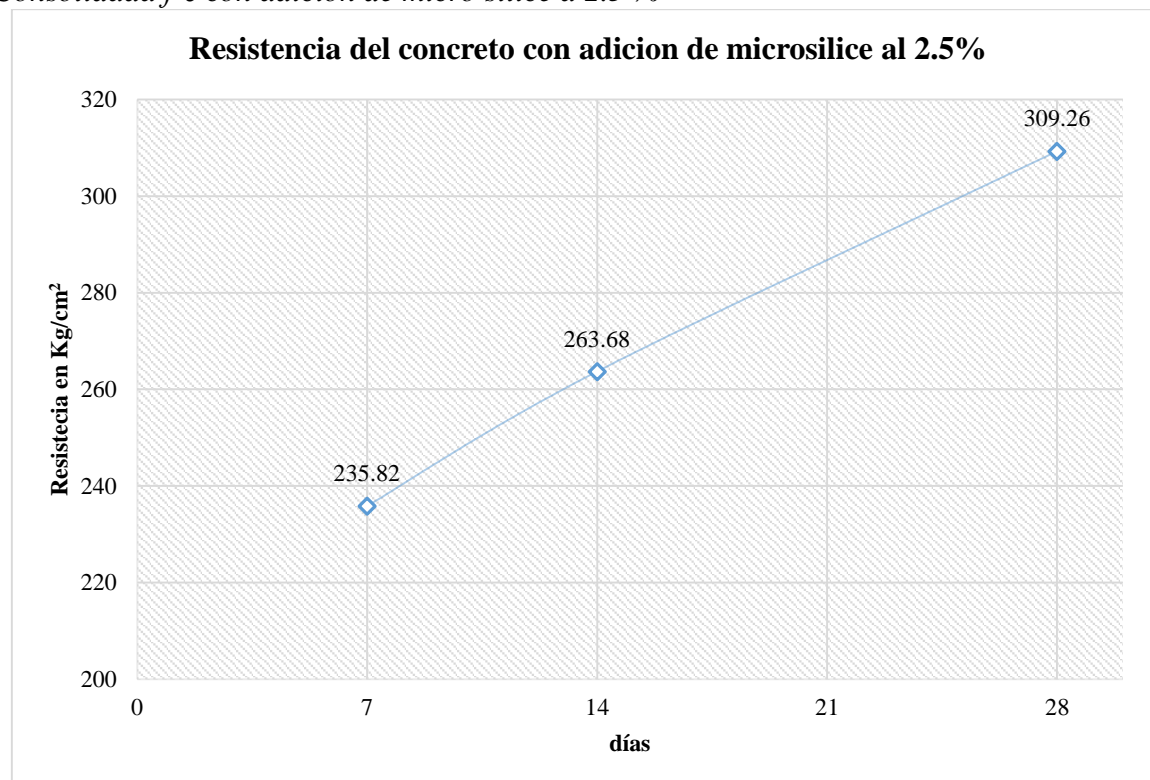
Identificación de muestras	Edad	Carga máxima	Área	Resistencia de diseño	Resistencia alcanzada
	(Días)	(kg-f)	(cm ²)	(Kg-f/cm ²)	(Kg-f/cm ²)
2.5% Microsilice	7	41850	176.59	300.00	235.82
	14	41400	176.36	300.00	263.68
	28	41625	176.59	300.00	309.26

Nota. Datos del laboratorio

Interpretación: El concreto con micro sílice al 2.5 % alcanzo un $f'c$ de (235.82, 263.68 y 309.26) Kg-f/cm² a los (7,14 y 28) días respectivamente días.

Figura 4

Consolidada $f'c$ con adición de micro sílice a 2.5 %



Nota. Datos del laboratorio

Tabla 34

Consolidada $f'c$ con adición de micro sílice a 3.5 %

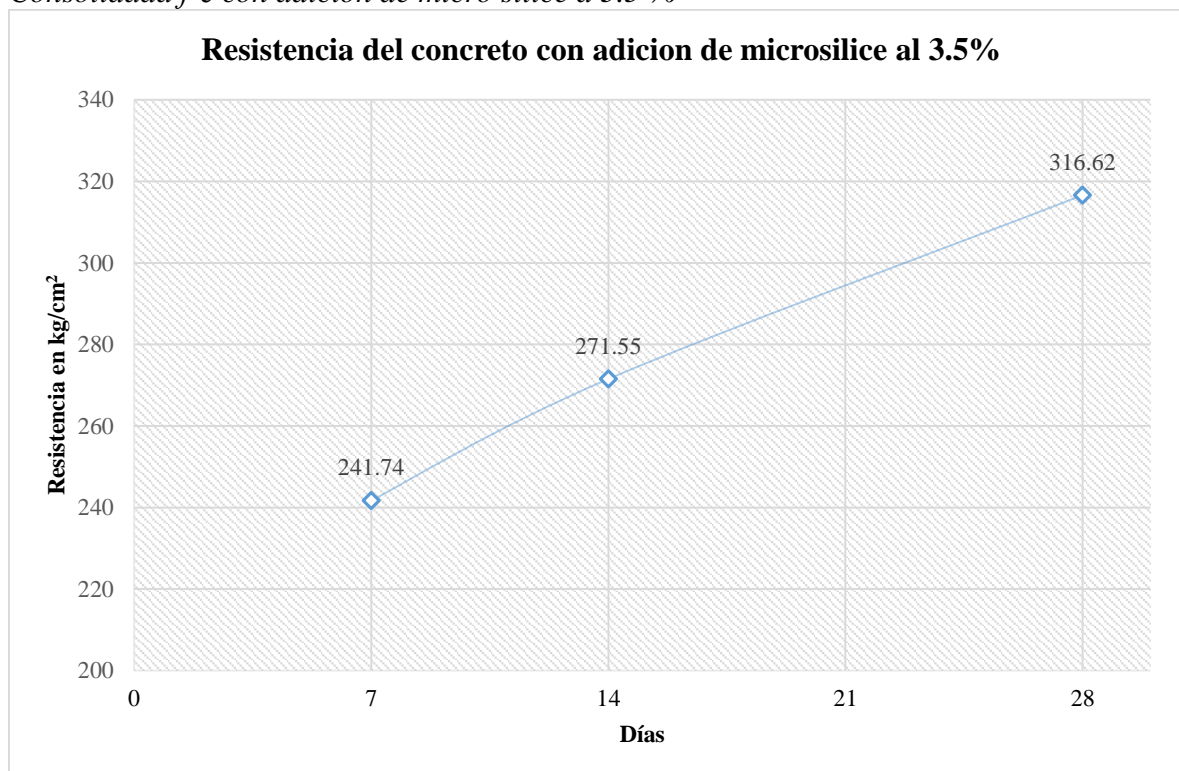
Identificación de muestras	Edad (DÍAS)	Carga máxima (kg-f)	Área (cm ²)	Resistencia de diseño (Kg-f/cm ²)	Resistencia alcanzada (Kg-f/cm ²)
3.5% Microsilice	7	42970	176.47	300.00	241.74
	14	42350	176.36	300.00	271.55
	28	42660	176.59	300.00	316.62

Nota. Datos del laboratorio

Interpretación: El concreto con microsílice al 3.5 % alcanzó un $f'c$ de (241.74, 271.55 y 316.62) Kg-f/cm² a los (7, 14 y 28) días, correspondientemente.

Figura 5

Consolidada $f'c$ con adición de micro sílice a 3.5 %



Nota. Datos del laboratorio

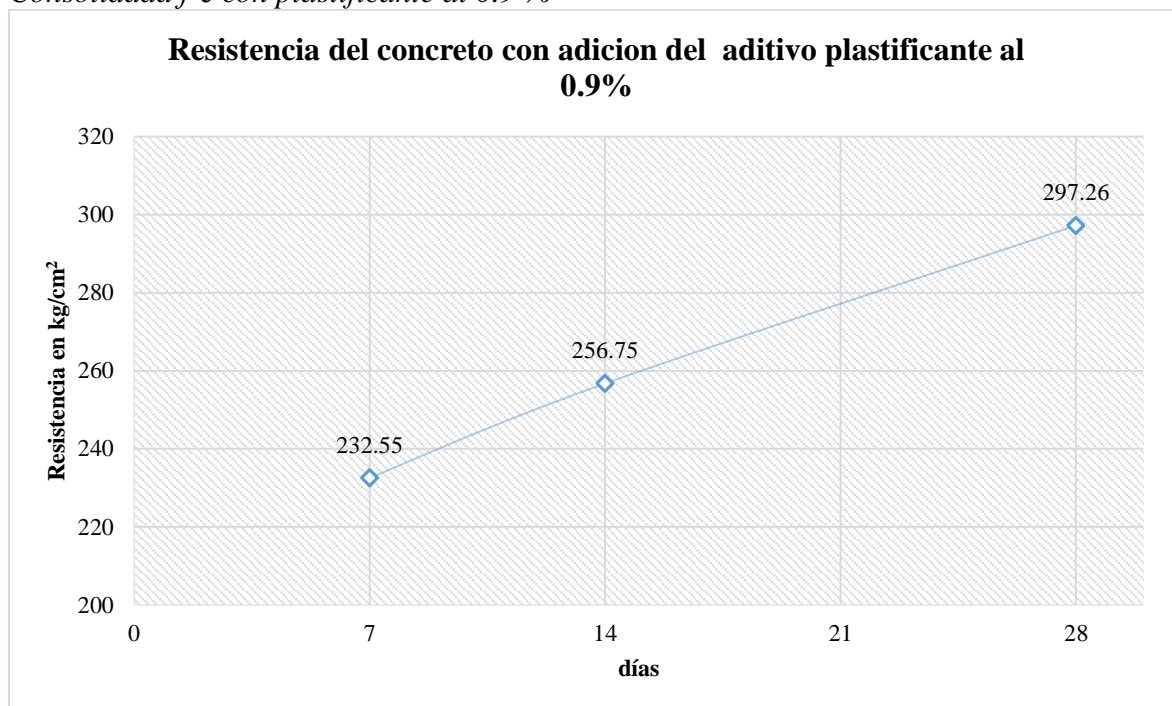
Tabla 35

Consolidada resistencia a la compresión de probetas de concreto con plastificante al 0.9 %

Identificación de muestras	Edad	Carga máxima	Área	Resistencia de diseño	Resistencia alcanzada
	(Días)	(kg-f)	(cm ²)	(Kg-f/cm ²)	(Kg-f/cm ²)
0.9% Plastificante	7	40930	175.89	300.00	232.55
	14	41003	176.36	300.00	256.75
	28	40967	176.24	300.00	297.26

Nota. Datos del laboratorio

Interpretación: El concreto con aditivo plastificante al 0.9 % alcanzó un $f'c$ de (232.55, 256.75 y 297.26) Kg-f/cm² a los (7, 14 y 28) días, correspondientemente.

Figura 6*Consolidada f'c con plastificante al 0.9 %*

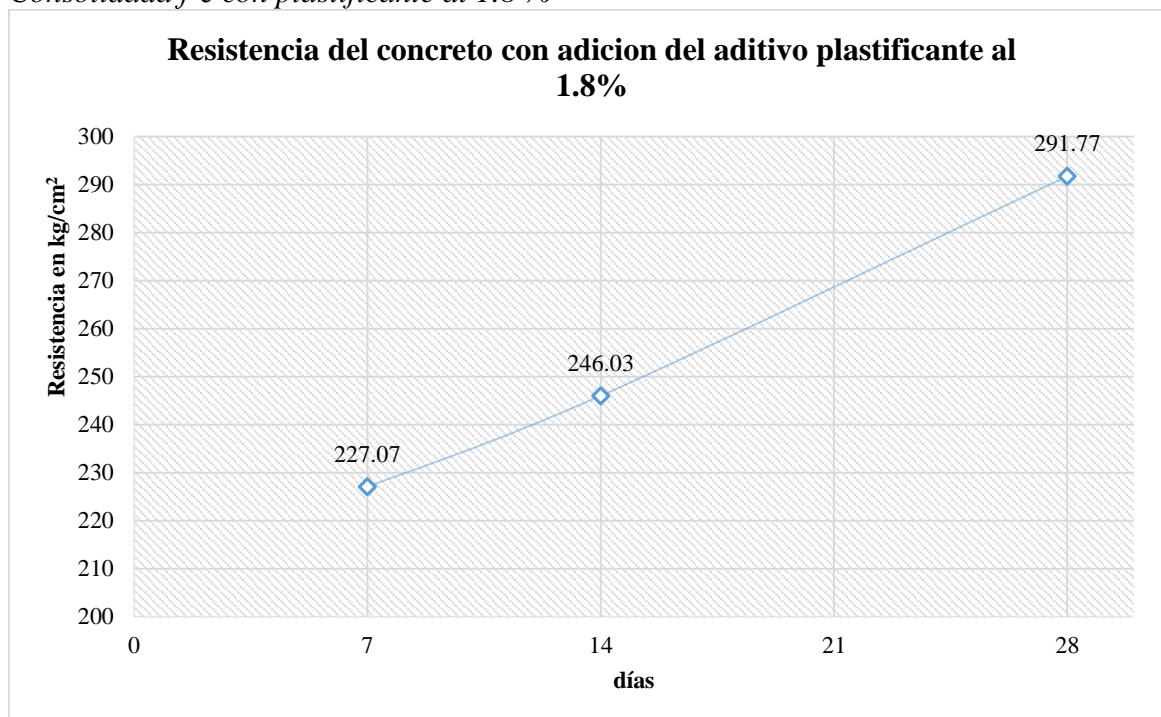
Nota. Datos del laboratorio

Tabla 36*Consolidada f'c con plastificante al 1.8 %*

Identificación de muestras	Edad	Carga máxima	Área	Resistencia de diseño	Resistencia alcanzada
	(DÍAS)	(kg-f)	(cm ²)	(Kg-f/cm ²)	(Kg-f/cm ²)
1.8% Plastificante	7	40060	176.59	300.00	227.07
	14	40102	176.36	300.00	246.03
	28	40081	176.59	300.00	291.77

Nota. Datos del laboratorio

Interpretación: El concreto con aditivo plastificante al 1.8 % alcanzó un f'c de (227.07, 246.03 y 291.77) Kg-f/cm² a los (7, 14 y 28) días, respectivamente.

Figura 7*Consolidada f'c con plastificante al 1.8 %*

Nota. Datos del laboratorio

Tabla 37*Consolidada f'c con plastificante al 2.7 %*

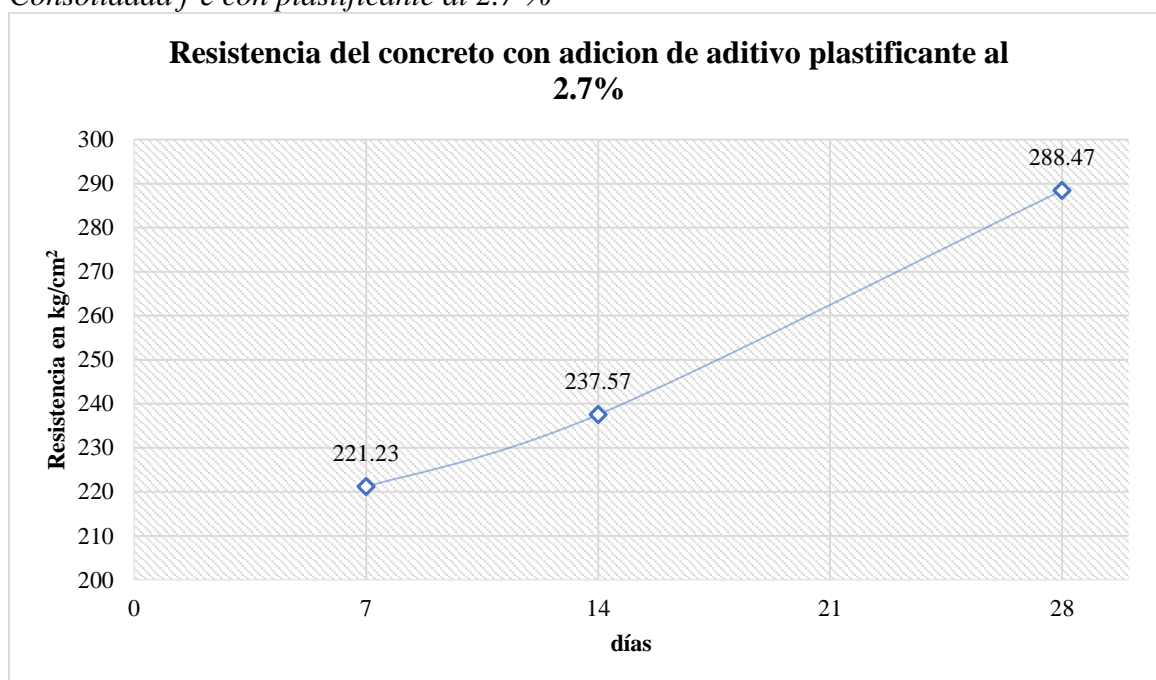
Identificación de muestras	Edad	Carga máxima	Área	Resistencia de diseño	Resistencia alcanzada
	(DÍAS)	(kg-f)	(cm ²)	(Kg-f/cm ²)	(Kg-f/cm ²)
2.7% Plastificante	7	39050	176.47	300.00	221.23
	14	39033	176.36	300.00	237.57
	28	39042	176.59	300.00	288.47

Nota. Datos del laboratorio

Interpretación: El concreto con adición de aditivo plastificante al 2.7% alcanzó un f'c de (221.23, 237.57 y 288.47) Kg-f/cm² a los (7, 14 y 28) días, respectivamente.

Figura 8

Consolidada $f'c$ con plastificante al 2.7 %



Nota. Datos del laboratorio

Resultado general

Tabla 38

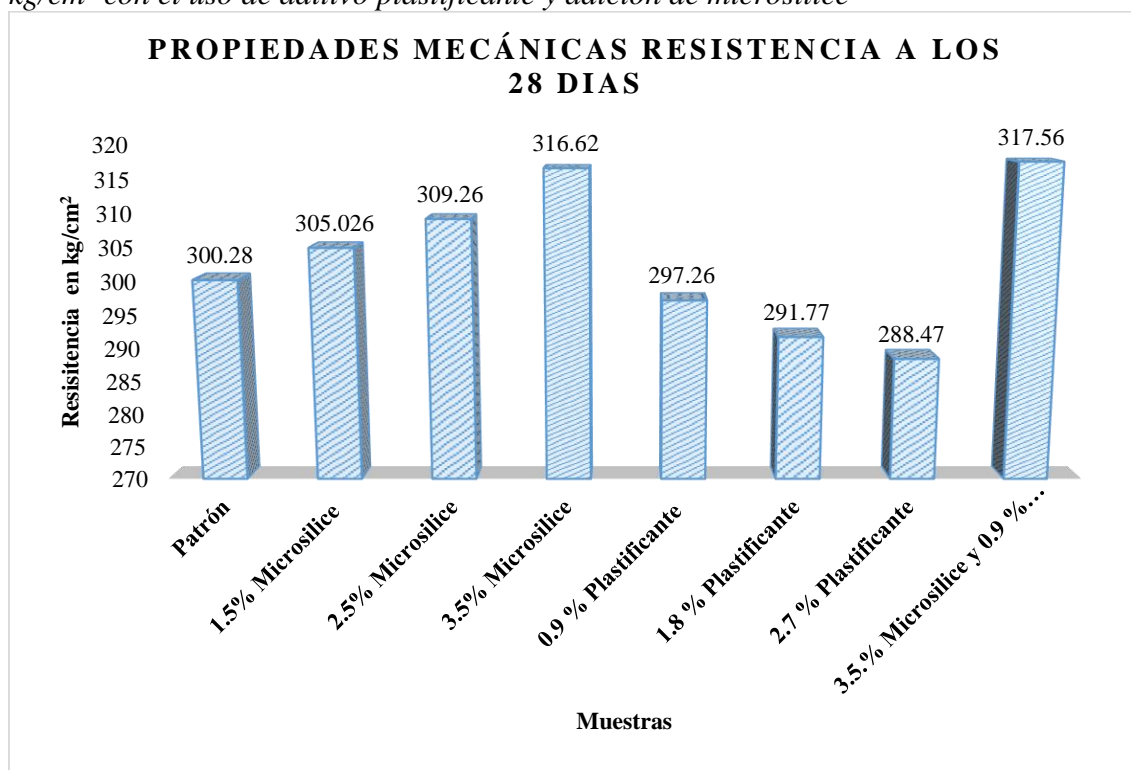
variación en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia $f'c=300$ kg/cm² con el uso de aditivo plastificante y adición de microsílíce

Muestras	Propiedades mecánicas	
	Resistencia a los 28 días (kg/cm ²)	
Patrón	300.28	
1.5% Microsílíce	305.026	
2.5% Microsílíce	309.26	
3.5% Microsílíce	316.62	
0.9 % Plastificante	297.26	
1.8 % Plastificante	291.77	
2.7 % Plastificante	288.47	
3.5.% Microsílíce y 0.9 % Plastificante	317.56	

Nota. Datos del laboratorio

Figura 9

variación en las propiedades mecánicas de concreto de mediana resistencia $f'c=300$ kg/cm^2 con el uso de aditivo plastificante y adición de microsilice



Nota. Datos del laboratorio

Resultados específicos

Tabla 39

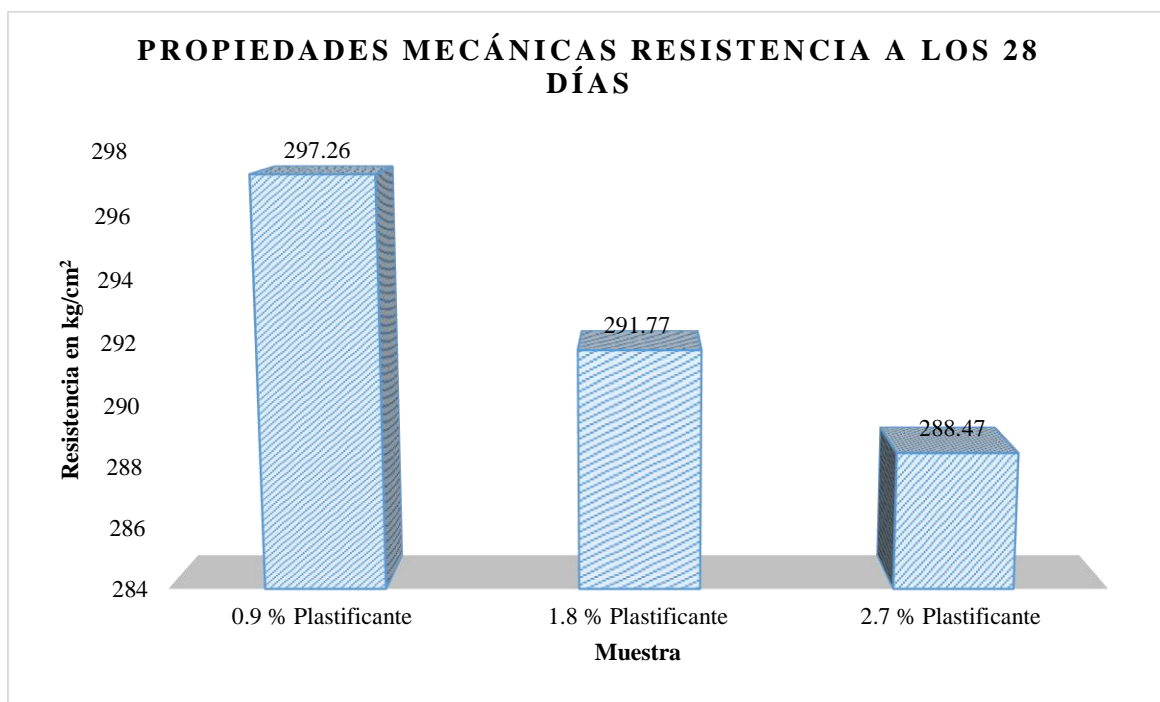
variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c=300$ kg/cm^2 incorporando aditivo plastificante al 0.9%, 1.8% y 2.7%

Muestras	Propiedades mecánicas	
	Resistencia a los 28 días (kg/cm^2)	
0.9 % Plastificante	297.26	
1.8 % Plastificante	291.77	
2.7 % Plastificante	288.47	

Nota. Datos del laboratorio

Figura 10

variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c=300$ kg/cm^2 incorporando aditivo plastificante al 0.9%, 1.8% y 2.7%



Nota. Datos del laboratorio

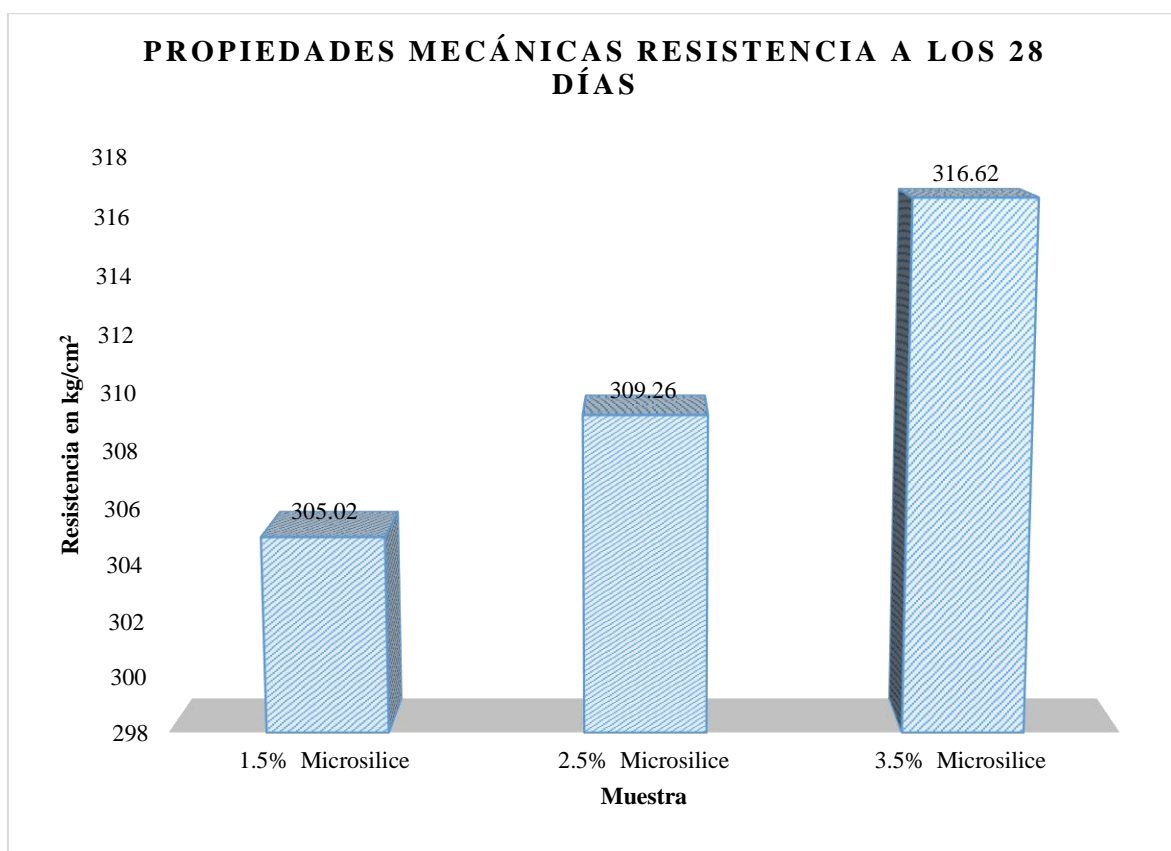
Tabla 40 Variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c=300$ kg/cm^2 incorporando micro sílice al 1.5%, 2.5% y 3.5%

Muestras	Propiedades mecánicas
	Resistencia a los 28 días (kg/cm^2)
1.5% Microsilice	305.02
2.5% Microsilice	309.26
3.5% Microsilice	316.62

Nota. Datos del laboratorio

Figura 11

Analizar la variación en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ incorporando micro sílice al 1.5%, 2.5% y 3.5%



Nota. Datos del laboratorio

Tabla 41

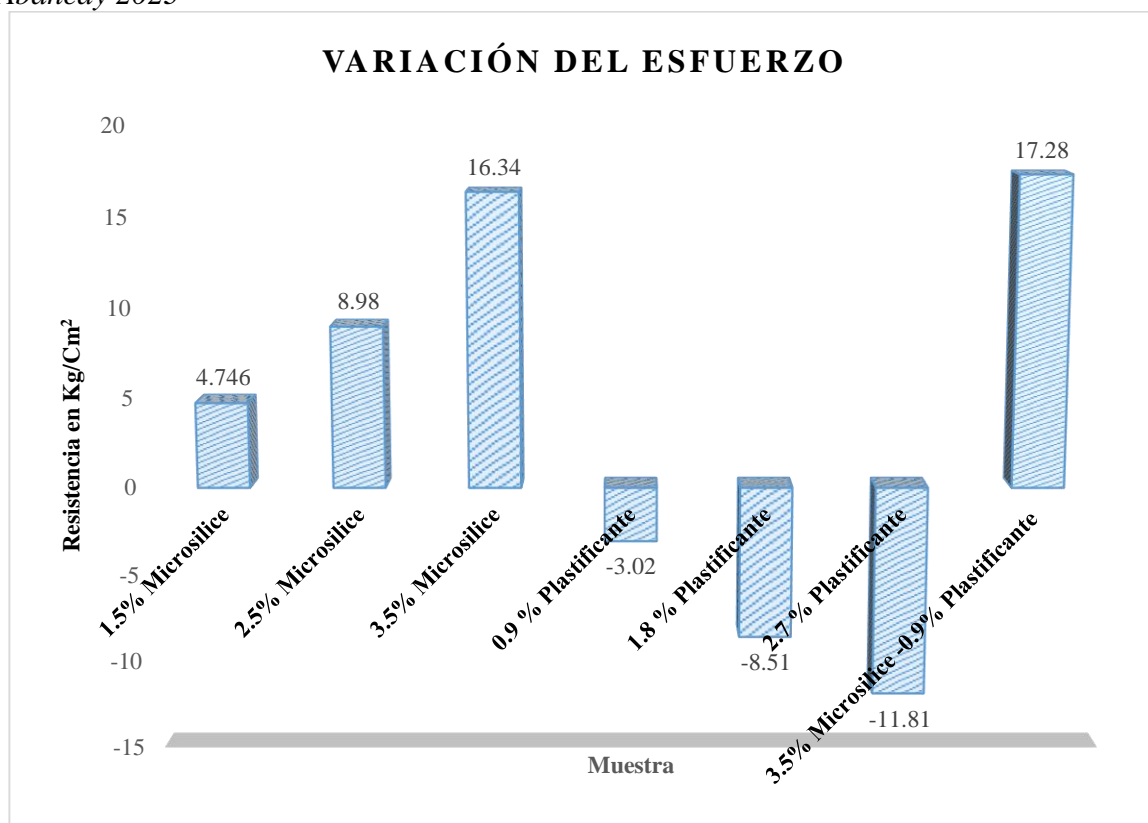
Variación del esfuerzo a compresión, incorporando aditivo plastificante y microsilice, Abancay 2023

Muestras	Propiedades mecánicas	
	Resistencia a los 28 días (kg/cm^2)	Variación del esfuerzo (Kg/cm^2)
1.5% Microsilice	305.026	4.746
2.5% Microsilice	309.26	8.98
3.5% Microsilice	316.62	16.34
0.9 % Plastificante	297.26	-3.02
1.8 % Plastificante	291.77	-8.51
2.7 % Plastificante	288.47	-11.81
3.5% Microsilice - 0.9% Plastificante	317.56	17.28

Nota. Datos del laboratorio

Figura 12

Variación del esfuerzo a compresión, incorporando aditivo plastificante y microsilice, Abancay 2023



Nota. Datos del laboratorio

5.2. Discusión de Resultados

El propósito del estudio realizado por Cerpa y Montenegro (2021) fue medir el impacto que tienen los aditivos superplastificantes y retardantes en el desempeño mecánico de concretos elaborados con áridos silíceos. Se empleó un enfoque cuantitativo, con un método inductivo aplicado, evaluando dosificaciones de 0.5% de superplastificantes y 0.03% de retardantes. Los resultados indicaron que las dosificaciones óptimas de aditivos mejoraron tanto el f'_c como la estabilidad térmica del concreto con agregados silíceos. Los autores concluyen que el uso de superplastificantes con origen en policarboxilatos es compatible con los efectos del material silíceo en la mezcla, mejorando las propiedades del concreto.

En la investigación de Cerpa y Montenegro (2021), el uso de superplastificantes mejoró significativamente el f'_c en concretos con agregados silíceos, lo cual es comparable con los hallazgos alcanzados en el presente, donde el uso de plastificantes también muestra

una mejora en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia. Sin embargo, una diferencia importante radica en que Cerpa y Montenegro utilizan retardantes además de superplastificantes, lo cual no fue considerado en el presente trabajo. En ambas investigaciones, se observa que el uso de aditivos es clave para mejorar la trabajabilidad y el f'_c , aunque en el caso del presente estudio, la resistencia final alcanzada fue inferior, probablemente debido a las diferencias en las dosificaciones y los agregados utilizados.

La investigación de Ranjan (2021) tuvo como propósito cuantificar las propiedades mecánicas del hormigón de resistencia mediana empleando humo de sílice (HS), cenizas volantes (CV) y fibras de acero (FA). La metodología incluyó el uso de CV y HS como sustitutos del cemento en diferentes porcentajes, junto con FA en la mezcla de hormigón. Los hallazgos mostraron que el hormigón con un 15% de CV, 12% de HS y 1% de FA presentó el máximo f'_c , flexión y tracción. La investigación concluyó que la combinación de HS y FA es efectiva para incrementar la resistencia mecánica del hormigón de mediana resistencia.

La investigación de Ranjan (2021) emplea un enfoque con humo de sílice (HS) similar al presente estudio, aunque se incluyen cenizas volantes (CV) y fibras de acero (FA), que no son parte de la metodología del presente trabajo investigativo. Los hallazgos de Ranjan muestran que la máxima resistencia se alcanza con un 12% de humo de sílice, mientras que en el estudio actual se utilizaron dosis de 1.5%, 2.5% y 3.5%, obteniendo una resistencia final menor debido a las diferencias en las dosificaciones y en la incorporación de otros componentes. No obstante, ambos estudios destacan el impacto positivo del HS en la resistencia del concreto.

Para Díaz y Torres (2020) investigaron la incidencia de los aditivos superplastificantes en las propiedades del concreto mecánicas con agregados silíceos de diferentes tamaños. El estudio utilizó un diseño experimental correlacional, empleando tres tamaños de agregados y diferentes % de aditivos superplastificantes. Los hallazgos indicaron

que el uso de agregados de menor tamaño nominal mostró una mejor respuesta al aditivo, mejorando la trabajabilidad del concreto sin afectar de manera significativa el $f'c$. Los autores concluyeron que la dosificación óptima de superplastificantes depende del T.M.N del agregado grueso, y que los menores tamaños de agregados requieren menores dosis de aditivo para estimar una mejor manejabilidad.

Ambos estudios coinciden en el uso de aditivos plastificantes para mejorar las propiedades del concreto. Sin embargo, el trabajo de Díaz y Torres se enfoca en la relación entre el tamaño del árido y el efecto del aditivo. Mientras que en el presente estudio se utiliza microsílíce además de plastificantes, Díaz y Torres se concentran exclusivamente en los plastificantes. Ambos trabajos evidencian mejoras tanto en la resistencia como en la trabajabilidad, aunque el presente estudio muestra una mayor variabilidad en las propiedades mecánicas debido a la adición de microsílíce.

De mismo modo tenemos a Torres (2020) evaluó la incidencia del TMN del agregado grueso en la dosificación de superplastificantes y su impacto en la resistencia del concreto. A través de una evaluación experimental con diferentes tamaños de agregados y dosificaciones de aditivos superplastificantes, se ejecutaron pruebas de asentamiento y $f'c$. Los resultados mostraron que TMN del agregado afecta directamente la cantidad de aditivo necesario y el asentamiento del concreto, demostrando una relación directa entre el tamaño del agregado y la trabajabilidad. Torres concluyó que, para obtener mejores resultados en resistencia y trabajabilidad, se debe ajustar la dosificación del plastificante en función del TMN del árido grueso.

Aunque ambos estudios evalúan el uso de superplastificantes, Torres se centra en la influencia del tamaño del agregado, mientras que en el presente estudio se observa la influencia tanto del microsílíce como del plastificante en mezclas de concreto de mediana

resistencia. Ambos estudios coinciden en que la dosificación del plastificante debe ajustarse a las características del concreto, aunque el enfoque es diferente en cada caso.

El estudio de Bocajá y Quevedo (2020) tuvo como objetivo desarrollar una curva de relación a/c para mejorar el f^c del concreto utilizando agregados de río. Para ello, se empleó un diseño experimental con diferentes relaciones agua/cemento, utilizando agregados provenientes del río Guayuriba, y se evaluaron el f^c y el asentamiento del concreto. Los resultados mostraron una vinculación directa entre la reducción de la relación a/c y el aumento en el f^c , aunque se observó una reducción de significancia en el asentamiento del concreto. En conclusión, para mejorar el f^c , es necesario reducir la relación agua/cemento; sin embargo, esto puede afectar de manera negativa la manejabilidad del concreto.

Ambos estudios subrayan la importancia de la relación a/c en el control de las propiedades del concreto mecánicas. No obstante, en el presente trabajo se emplean aditivos plastificantes que permiten mantener una trabajabilidad adecuada sin necesidad de modificar la relación a/c, lo que no se contempla en el trabajo de Bocajá y Quevedo. La investigación actual combina esta estrategia con el uso de microsílíce, proporcionando una mejora adicional en las propiedades del concreto.

El propósito de Saldívar (2021) fue examinar el efecto de los aditivos plastificantes en el concreto con $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizado en edificaciones en Cusco. Metodológicamente de diseño experimental con varias dosificaciones de aditivos plastificantes, midiendo el f^c a los 7, 14 y 28 días. Los hallazgos indicaron que, si bien los plastificantes mejoraron la manejabilidad del concreto, las diferencias en la resistencia a la compresión fueron mínimas. En conclusión, los plastificantes son efectivos para mejorar la trabajabilidad, pero el incremento en la resistencia depende de factores específicos del material.

Ambos estudios coinciden en la mejora de la trabajabilidad del concreto con el uso de plastificantes. Sin embargo, mientras que el trabajo de Saldívar no muestra una mejora

significativa en el $f'c$, el presente estudio reporta un incremento moderado en la resistencia debido a la combinación de microsílíce y plastificantes, lo que sugiere un enfoque más completo en la mejora de las características del hormigón.

Desde la posición de Feijoó y Sánchez (2020) se centraron en mejorar las propiedades del concreto mediante el uso de aditivos de policarboxilato en agregados peruanos. El estudio siguió una metodología experimental en la que se evaluaron diversas dosificaciones de aditivos y se analizaron los hallazgos en cuanto al $f'c$ y asentamiento del concreto. Los resultados revelaron que los aditivos de policarboxilato mejoran tanto la resistencia como la trabajabilidad, especialmente cuando se usan en combinación con agregados de menor tamaño. Se concluyó que estos aditivos son efectivos para optimizar las propiedades mecánicas del concreto cuando se aplican en las dosificaciones adecuadas.

Si bien ambos estudios coinciden en el uso de aditivos para mejorar las propiedades del concreto, el presente estudio utiliza una combinación de microsílíce y plastificantes. Aunque el enfoque de Feijoó y Sánchez se centra en los aditivos de policarboxilato, ambos trabajos reportan mejoras en la resistencia y trabajabilidad. Sin embargo, el presente estudio ofrece una mayor variabilidad en los resultados debido a la combinación de diferentes tipos de aditivos.

Como afirma Anicama (2020) evaluó el efecto de la microsílíce y los superplastificantes en el diseño de mezclas de concreto de rendimiento alto. Se utilizaron varias dosificaciones de microsílíce (9%, 10%, 11%) y superplastificantes (1%, 1.3%, 1.5%) para analizar su impacto en el $f'c$ y la trabajabilidad del concreto. Los hallazgos mostraron que la combinación óptima fue 10% de microsílíce y 1.5% de superplastificante, lo que permitió mejorar tanto la resistencia como la manejabilidad del concreto. No obstante, se observó que un exceso de microsílíce podría disminuir el $f'c$.

Ambos estudios emplean microsílíce y plastificantes, aunque las dosificaciones utilizadas en el presente estudio son más bajas (1.5%, 2.5%, 3.5%). A pesar de las diferencias en las cantidades utilizadas, los resultados son comparables, ya que ambos estudios destacan las mejoras en el f^c y la trabajabilidad. El presente estudio evita los problemas derivados de un exceso de microsílíce, lo que representa una ventaja sobre el trabajo de Anicama.

Teniendo en cuenta Samaniego (2018) examinó cómo la estructura química de los cementos y arenas de Perú afecta la eficacia de los aditivos plastificantes. Su estudio evaluó diversas combinaciones de arenas, cementos y plastificantes para determinar sus efectos en la resistencia y manejabilidad del concreto resultante. Los hallazgos mostraron que la composición química de los materiales influye directamente en la efectividad de los aditivos, especialmente en la consistencia del concreto. Se concluyó que la composición de los materiales debe ser cuidadosamente evaluada antes de utilizar aditivos plastificantes.

Aunque ambos estudios emplean aditivos plastificantes, el estudio presente no se centra en la composición química de los materiales, sino en el uso combinado de plastificantes y microsílíce. Sin embargo, ambos coinciden en que es crucial ajustar las dosificaciones de los aditivos según las características del concreto, lo que es clave para mejorar tanto la resistencia como la trabajabilidad.

Finalmente tenemos a Roldan (2022) estudió la influencia de las características geomecánicas de los agregados en el f^c y flexión del concreto $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Se utilizaron diferentes tipos de agregados de la cuenca de Pachachaca, evaluando su desempeño en términos de f^c y flexión. Los resultados indicaron que los agregados con mejores propiedades geomecánicas superaron las expectativas en cuanto a resistencia. Se concluyó que la calidad del agregado es crucial para garantizar la resistencia óptima del concreto.

Ambos estudios destacan la importancia de los materiales en la capacidad del concreto, aunque el trabajo de Roldan se enfoca en las propiedades de los agregados, mientras

que el presente estudio examina los efectos de los aditivos en combinación con los agregados. A pesar de esta diferencia, ambos subrayan la necesidad de utilizar materiales de mediana calidad para optimizar las propiedades del concreto.

5.3. Prueba de Hipótesis

Contrastación de Hipótesis general

Ho: El uso de aditivo plastificante y adición de microsilice no incrementa la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f^c 300=kg/cm^2$, Abancay 2023

H1: El uso de aditivo plastificante y adición de microsilice incrementa la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f^c 300=kg/cm^2$, Abancay 2023

Para contrastar estas hipótesis, recopilamos datos de f^c de dos grupos de muestras de concreto:

Grupo 1: concreto patrón ($n = 3$)

Grupo 2: Concreto con aditivo plastificante y micro sílice ($n = 6$)

Paso 1: Calcular la media y desviación estándar de cada grupo.

Para el Grupo 1: Media (\bar{X}_1) = 300.28

Desviación estándar (S_1) = 5.39

Para el Grupo 2: Media (\bar{X}_2) = 301.401

Desviación estándar (S_2) = 5.85

Paso 2: Calcular el estadístico t de Student.

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Donde: \bar{X}_1 y \bar{X}_2 son las medias de los dos grupos.

S1 y S2 son las desviaciones estándar. n1 y n2 son los tamaños de muestra de los dos grupos.

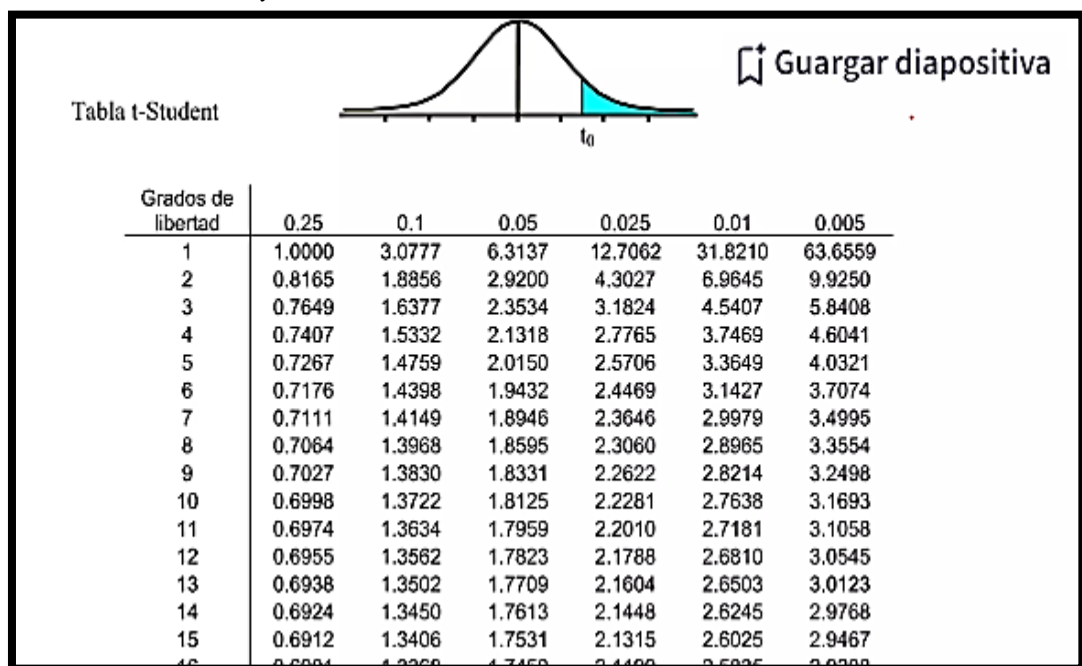
$$t = -5.56$$

Paso 3: Determinar el valor crítico de t para el nivel de significancia deseado y los grados de libertad ($n_1 + n_2 - 2$).

nivel de significancia de 0.05 y 7 grados de libertad.

Figura 13

Campana de Gauss Jordán y tabla de t Student



Nota. La figura muestra la campana y tabla de Gauss Jordán

El valor crítico de t para un nivel significativo de 0.05 y 7 grados de libertad es aprox.

$$\pm 1.8946$$

Paso 4: Comparar el valor calculado de t con el valor crítico de t.

El t calculado es $|-5.56| > 1.8946$, por lo que rechazaríamos la hipótesis nula y aceptamos la alterna, El uso de aditivo plastificante y adición de microsilice incrementa la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, Abancay 2023.

Hipótesis específica 1

Ho: El uso de aditivo plastificante no incrementa la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f^c 300 = \text{kg/cm}^2$, Abancay 2023.

H1: El uso de aditivo plastificante incrementa la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f^c 300 = \text{kg/cm}^2$, Abancay 2023.

Para contrastar estas hipótesis, recopilamos datos de resistencia a la compresión de dos grupos de muestras de concreto:

Grupo 1: concreto patrón ($n = 3$)

Grupo 2: Concreto con aditivo plastificante ($n = 3$)

Paso 1: Calcular la media y la desviación estándar de cada grupo.

Para el Grupo 1: Media (\bar{X}_1) = 300.28

Desviación estándar (S_1) = 5.39

Para el Grupo 2: Media (\bar{X}_2) = 292.5

Desviación estándar (S_2) = 5.60

Paso 2: Calcular el estadístico t de Student.

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Donde: \bar{X}_1 y \bar{X}_2 son las medias de los dos grupos.

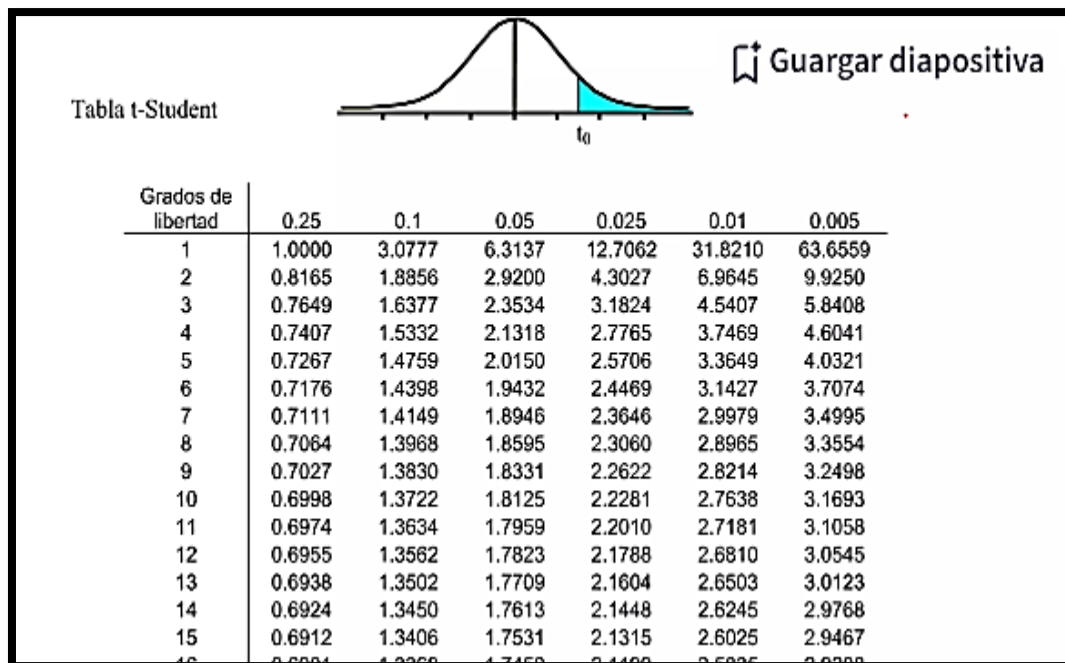
S_1 y S_2 son las desviaciones estándar. n_1 y n_2 son los tamaños de muestra de los dos grupos.

$$t = -1.70$$

Paso 3: Determinar el valor crítico de t para el nivel de significancia deseado y los grados de libertad ($n_1 + n_2 - 2$).

nivel de significancia de 0.05 y 4 grados de libertad.

Figura 14
Campana de Gauss Jordán y tabla de t Student



Nota. La figura muestra la campana y tabla de Gauss Jordán

El valor crítico de t para un nivel significativo de 0.05 y 4 grados de libertad es aprox. ± 2.1318

Paso 4: Comparar el valor calculado de t con el valor crítico de t.

El t calculado es $|-1.70| < 2.1318$, por lo que rechazaríamos la hipótesis alterna y aceptamos la hipótesis nula, El uso de aditivo plastificante no incrementa la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, Abancay 2023.

Hipótesis específica 2

Ho: El uso de micro sílice no incrementa la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, Abancay 2023.

H1: El uso de micro sílice incrementa la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, Abancay 2023.

Para contrastar estas hipótesis, recopilamos datos de resistencia a la compresión de dos grupos de muestras de concreto:

Grupo 1: concreto patrón ($n = 3$)

Grupo 2: Concreto con aditivo micro sílice ($n = 3$)

Paso 1: Calcular la media y la desviación estándar de cada grupo.

Para el Grupo 1: Media (\bar{X}_1) = 300.28

Desviación estándar (S_1) = 5.39

Para el Grupo 2: Media (\bar{X}_2) = 310.302

Desviación estándar (S_2) = 6.02

Paso 2: Calcular el estadístico t de Student.

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Donde: \bar{X}_1 y \bar{X}_2 son las medias de los dos grupos.

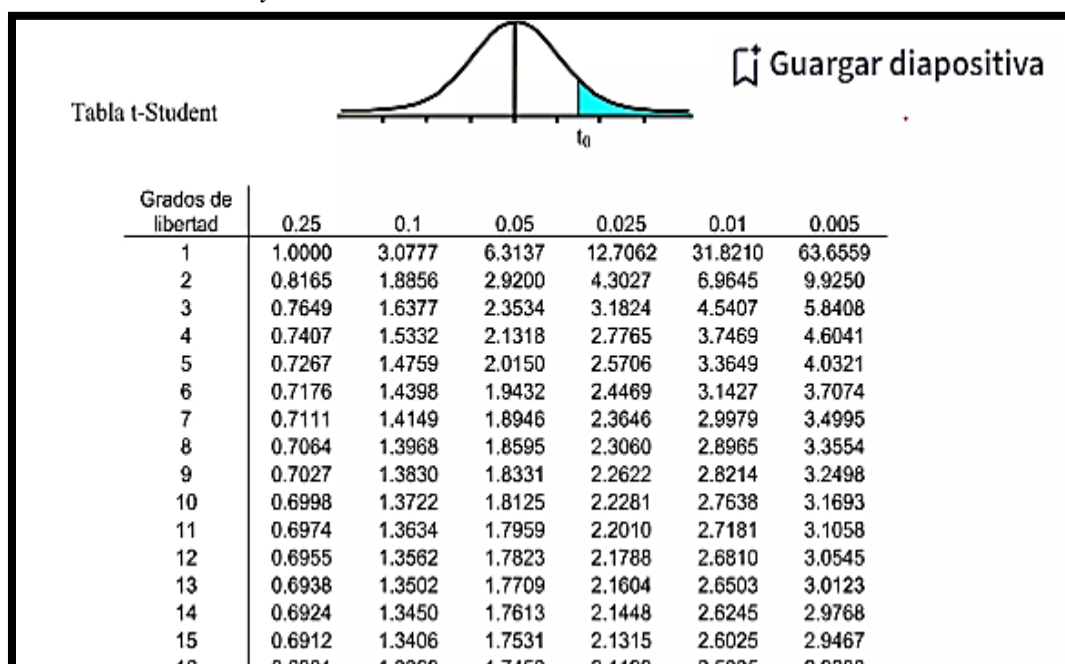
S_1 y S_2 son las desviaciones estándar de los dos grupos. n_1 y n_2 son los tamaños de muestra de los dos grupos.

$$t = -7.32$$

Paso 3: Determinar el valor crítico de t para el nivel de significancia deseado y los grados de libertad ($n_1 + n_2 - 2$).

nivel de significancia de 0.05 y 4 grados de libertad.

Figura 15
Campana de Gauss Jordán y tabla de t Student



Nota. La figura muestra la campana y tabla de Gauss Jordán

El valor crítico de t para un nivel de significancia de 0.05 y 4 grados de libertad es aproximadamente ± 2.1318

Paso 4: Comparar el valor calculado de t con el valor crítico de t.

En nuestro ejemplo, $|-7.32| > 2.101$, por lo que rechazaríamos la hipótesis y aceptamos la hipótesis alterna, El uso de micro sílice incrementa la resistencia en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia $f^c=300 \text{ kg/cm}^2$, Abancay 2023.

VI. Conclusiones

Conclusión general

La incorporación de microsílíce al concreto ha demostrado un incremento progresivo en la resistencia a los 28 días, lo que confirma un efecto positivo en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia. Por otro lado, se observa que dosificaciones elevadas del aditivo plastificante tienden a reducir la resistencia, lo que sugiere un posible efecto adverso sobre las propiedades mecánicas. Es destacable que la dosificación de 3.5% de microsílíce y 0.9% de plastificante presentó la mayor resistencia entre todas las muestras analizadas, lo que indica que dicha proporción podría ser óptima para maximizar la resistencia mecánica del concreto.

Conclusiones específicas

Se evidenció una tendencia decreciente en la resistencia a los 28 días conforme aumenta la dosificación del aditivo plastificante. Este comportamiento sugiere que cantidades más elevadas de plastificante podrían ejercer un efecto perjudicial sobre las propiedades mecánicas del concreto. La muestra con la dosificación más baja de plastificante (0.9%) alcanzó la mayor resistencia, lo que indica que una dosificación reducida de plastificante podría ser más favorable para preservar la resistencia mecánica del concreto.

El análisis mostró un aumento continuo en la resistencia a los 28 días con el incremento de la cantidad de microsílíce en la mezcla. Esto confirma que la microsílíce tiene un efecto benéfico en las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia. La muestra que contenía el 3.5% de microsílíce presentó la resistencia más alta, lo que sugiere que esta dosificación podría ser la más adecuada para alcanzar el máximo rendimiento en términos de resistencia mecánica.

La combinación de microsílíce y plastificante en el concreto proporciona una mejora considerable en su resistencia a la compresión. Esta combinación destaca sobre el

concreto base y las mezclas que contienen solo uno de estos aditivos. La sinergia entre ambos materiales no solo potencia las propiedades mecánicas del concreto, sino que también mejora su densidad y reduce la porosidad, lo que a su vez contribuye a una mayor durabilidad. En conjunto, estos beneficios convierten a esta mezcla en una solución eficiente y eficaz para mejorar el rendimiento del concreto, especialmente en aplicaciones que requieren una alta resistencia.

VII.Recomendaciones

Recomendación General:

Se recomienda utilizar una dosificación de 3.5% de microsílíce y 0.9% de plastificante, ya que esta combinación ha mostrado los mejores resultados en términos de resistencia a los 28 días. Asimismo, se debe evitar el uso de dosificaciones elevadas de plastificante, dado que pueden tener un efecto adverso en las propiedades mecánicas del concreto. Se sugiere realizar ensayos adicionales para validar estos resultados en diferentes condiciones ambientales y de curado, asegurando así la reproducibilidad y estabilidad de la mezcla en diversas aplicaciones estructurales.

Recomendaciones Específicas:

Se recomienda evitar dosificaciones elevadas de aditivo plastificante, ya que estas podrían reducir significativamente la resistencia del concreto a los 28 días. Una dosificación más baja, como el 0.9%, ha demostrado ser más favorable para preservar la resistencia mecánica.

Para optimizar la resistencia mecánica del concreto, se sugiere incrementar progresivamente la cantidad de microsílíce en la mezcla. La muestra con una dosificación del 3.5% de microsílíce alcanzó los valores más altos de resistencia, lo que indica que esta proporción podría ser la más adecuada para lograr la máxima resistencia mecánica.

Se recomienda utilizar la combinación de microsílíce al 3.5% y plasticificante al 0.9% en proyectos de construcción que requieran un concreto de alta resistencia, durabilidad y menor porosidad. Esta mezcla es especialmente adecuada para estructuras sometidas a cargas elevadas o ambientes agresivos, como puentes, presas o infraestructuras en zonas costeras.

VIII. Referencias

- ACI . (2020). *American Concrete Institute Releases 2020 Aci Collection of concrete codes, Specification and practices*. American Concrete Institute. doi:<https://www.concrete.org/news/newsdetail.aspx?f=51724636>
- Alvarez, C. (2019). *Fundamentos del concreto*. Cademia Web. doi:https://www.academia.edu/36372249/fundamentos_del_concreto
- Anicama, L. (2020). *Aplicación de aditivo microsíllice, y superplastificante para el diseño de mezclas de concreto de alto desempeño, Lima, 2019*. Lima: Universidad Cesar Vallejo. doi:<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60795>
- Arias, G. (2021). *Diseño y metodología de la investigación* . Lima .
- Arispe, a. m. (2020). *investigación científica* . colombia .
- ASTM C150/C150M-20. (2021). *Standard Specification for Portland Cement*. ASTM C150/C150M-20. doi:https://www.astm.org/c0150_c0150m-20.html
- Barrios, V. y Carmona, G. (2021). *Variaciones del aditivo retardante en la resistencia mecánica y manejabilidad de los concretos, según el tamaño máximo nominal del agregado pétreo calizo*. Colombia: Universidad De Cartagena. doi:<https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/12006>
- Blog, S. (2024). *Beneficios de microsíllice en concreto*. Henan Superior Abrasivos. doi:<https://es.silicafumesupplier.com/beneficios-microsilice-concreto.html>
- Bojaca, R., & Quevada, O. (2020). *Curva de relación agua cemento vs. resistencia a la compresión, para agregados del Rio Guayuriba, tamaños nominales de 1", ¾" y ½"*. Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia. doi:<https://repository.ucc.edu.co/bitstreams/4c33d8f9-ea91-4d4a-8ec8-ca1d160769f8/download>
- Cabanillas, H. (2020). *Concreto de mediana resistencia utilizando nanosilice y superplastificante*. Universidad Nacional de Cjamarca. doi:<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3726/TESIS%20H HCG%20-%20100%25%20Rev%201Ab.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cajelima, J., & Morales, J. (2020). *Incidencia del Microsíllice en el diseño de hormigón de mediana resistencia*. doi:https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/55698/Garc%C3%ADa_AJO-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ceros Arequipa. (2015). *Manual del Maestro Constructor*. Aceros Arequipa. doi:<https://acerosarequipa.com//manual-del-maestro-constructor/materiales-de->

- construccion/concreto.html
- Cerpa, E., & Montenegro, M. (2021). *Efecto combinado de los superplastificantes y retardantes en las propiedades físico - mecánicas de los concretos con el uso de agregados silíceos*. Colombia: Universidad de Cartagena. doi:<https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/13520>
- Chapoñan, A., & Monge, S. (2022). *Influencia del aditivo SIKAPLAST-740 PE, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto cemento arena, obtenido a partir de arena de la cantera la rinconada distrito San Juan Bautista, Loreto, Perú*. 2021. Universidad Científica del Perú. doi:<http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1949>
- Coulibaly, M., Argane, R., Trauchessec, R., & Lecomte, A. (2018). *Influence of superplasticizers on mechanical properties and workability of cemented paste backfill*. Minerals Engineering Volume 116, 15 January 2018. doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509522008464>
- Diaz, A., & Torres, J. (2020). *Análisis de diferentes dosis de aditivos superplastificantes en las propiedades mecánicas de una mezcla de concreto hidráulico con base a diferentes tamaños máximos nominales de agregado grueso tipo silíceo*. Colombia: Universidad de Cartagena. doi:<https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/11486>
- El comercio. (2019). *Laradiografía medioambiental de las principales ciudades del país*. Lima: El comercio. doi:<https://elcomercio.pe/peru/radiografia-medioambiental-principales-ciudades-pais-noticia-598377-noticia/>
- Feijo, J. (2020). *Características físico-mecánicas de los agregados con adición de policarboxilato para mejorar las propiedades del concreto*. Lima: Universidad Eicardo Palma. doi:<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3854>
- Hiram, J., & Adrianzen, M. (2022). *Influencia del porcentaje de microsilice en la resistencia a la compresion y permeabilidad de mezclas de concreto con diferentes relaciones a agua y cemento en la ciudad de trujillo*. Tujillo: Universidad privada del Norte. doi:<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/34164>
- Isabel, J. t. (2022). *Tecnicas e instrumentos de investigacion* . Barquisimeto .
- Mejia, M. (2022). *Microsilice como adición del cemento para reducir la permeabilidad del*. Universidad Ricardo Palma. doi:https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/5913/T030_72480654_T%20LUIS%20ENRIQUE%20QUISPE%20REYES.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- norma ASTM C 595. (s.f.). *norma ASTM C 595*. Wordpress.
doi:<https://lacuartageneracion.files.wordpress.com/2011/02/cementos.pdf>
- NORMA E.060. (2019). *Norma E.060 Concreto Armado*. Ministerio de Vivienda y construcción. doi:<https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Ñaupas, p. H. (2018). *Metodología de la investigación*. Bogota .
- Otiniano, W. (2019). *Influencia de la Adición de Superplastificantes y Variación de la Reacción Agua/ Cemento en las propiedades Mecánicas del Concreto, Ica, 2018*. Ica: Universidad Privada de trujillo. doi:https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRI_d0853a26997398515ca7e43e0aae013e
- Peña, F. (2020). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del concreto de mediana resistencia con microsílíce y nanosílíce, Lima - 2019*. Lima - Peru: Universidad Cesar Vallejo. doi:<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52831>
- PSI. (2020). *Aditivos para concreto: Claves para aumentar el desempeño de tu elemento*. PSI. doi:<https://psiconcreto.com/aditivos-para-concreto/>
- Quispe, D. (2018). *Evaluación de la resistencia a compresión del concreto en edificaciones comunes de la ciudad de Puno 2018*. Universidad Nacional Del Altiplano. doi:http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/10434/Quispe_Fuentes_Daniel_Christian.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Roldan, A. (2022). *Determinación de las propiedades geomecánicas del agregado de la cuenca de Pachachaca y su incidencia en la resistencia a la compresión y flexión en concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con cemento portland tipo I en el distrito de Abancay-2019*. Abancay: Universidas Nacional Micaela Bastidas. doi:<https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1121>
- Saldivar, A. (2021). *Comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con aditivos plastificantes en edificaciones, distrito de Huaru, Quispicanchi, Cusco 2021*. Lima: Universidad Cesar Vallejo. doi:<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81969>
- Samaniego, L. (2018). *Influencia de la composición química de arenas y cementos peruanos en el desempeño de aditivos plastificantes para concreto*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Peru. doi:<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12846>
- SIGUD. (2017). *Guía de Laboratorio para análisis granulométrico de los agregados por*

- tamizado*. Universidad Distrital de san Francisco de Caldas.
doi:<https://ftecnologica.udistrital.edu.co/laboratorios/civiles/sites/lab-civiles/files/practica/2023-03/An%C3%A1lisis%20granulometrico%20por%20tamizado.pdf>
- Sika. (2022). *Adición mineral - Microsílice*. Sika.
doi:<https://per.sika.com/es/construccion/aditivos-concreto/aditivos-concreto-premezclado/adiciones-concreto/sikafume.html>
- SIKAPLAST -326. (2015). *Aditivo súper plastificante de alto rango*. SikaPlast-326.
doi:<https://per.sika.com/dms/getdocument.get/6a32da14-92ca-3dd1-b6f0-916007edf273/HT-Sika%20Plast%20-326.pdf>
- Torres, R. (2020). *Análisis de la incidencia del tamaño máximo nominal del agregado grueso silíceo en las dosificaciones del aditivo súperplastificante en el concreto*. Colombia: Universidad De Cartagena.
doi:<https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/11737>
- UAP. (202). *AGUA PARA EL CONCRETO*. Universidad Alas Peruanas.
doi:<https://tecnologiadeconcreto.home.blog/semana-2/>

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina del repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes