

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Tesis**

**Influencia de la adición de fécula de maíz en proporciones de 2% y 3% con respecto de las propiedades del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay - Apurímac, 2021**

Asesor:

Mg. Quispe Ferrel Fredy

Autor:

Medina Valderrama, Edith

Para optar el título profesional de:

Ingeniero civil

Abancay – Apurímac – Perú

2024



# Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

## ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N°006-2024-EPIC-FI- UTEA- SA

Reunidos el Jurado Evaluador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- |                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| > Mg.Sc. MALDONADO MENDÍVIL, Angel  | PRESIDENTE   |
| > Ph.D. VASQUEZ RAMÍREZ, Abbon Alex | DICTAMINANTE |
| > Ing. CAYO BACA, Holguer           | REPLICANTE   |

y el (la) postulante al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (a) CIVIL,  
Bachiller: **MEDINA VALDERRAMA, Edith**, código de  
matrícula N°200920370F.


Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, aprobado mediante resolución de consejo Universitario N°1870-2023-UTEA-CU, de fecha 03 de julio del 2023, respecto a la sustentación de tesis, para optar al título profesional de Ingeniero Civil.


SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: **Influencia de la adición de fécula de maíz en proporciones de 2% y 3% con respecto de las propiedades del concreto estructural  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay, Apurímac**, habiendo aprobado con la nota de catorce (14).

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 260.

Abancay, 12 de febrero 2024.

  
Mg.Sc. MALDONADO MENDÍVIL, Angel  
PRESIDENTE

  
Ph.D. VASQUEZ RAMÍREZ, Abbon Alex  
DICTAMINANTE

  
Ing. CAYO BACA, Holguer  
REPLICANTE

# Influencia de la adición de fecúla de maíz en proporciones de 2% y 3% con respecto de las propiedades del concreto estructural $f''c=210\text{kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay - Apurímac

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.utea.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositoriodigital.ucsc.cl</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Mondragon Unibertsitatea</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

### Metadatos complementarios

Datos del autor	
Apellidos y nombre	: Medina Valderrama Edith
Tipo de documento de identidad	: Dni
Numero de documento de identidad	: 71134814
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0009-0002-6683-8781">https://orcid.org/0009-0002-6683-8781</a>
Datos del asesor	
Apellidos y nombre	: Mg. Quispe Ferrel Fredy
Tipo de documento de identidad	: Dni
Numero de documento de identidad	: 09896254
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0000-0001-7792-6336">https://orcid.org/0000-0001-7792-6336</a>
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 los que se hizo la investigación	: 2021 – 2022
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 24%
URL de OCDE	: <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/Ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/Ford#2.01.01</a>

## **DEDICATORIA**

Dedicada a mis padres, a mis hermanos y hermanas, quienes han sido un apoyo fundamental en mi camino para poder llegar a este punto de mi carrera, que con su ejemplo, dedicación y palabras de aliento me motivaron a continuar.

Edith Medina Valderrama.

## RESUMEN

En la presente tesis se analizaron las propiedades mecánicas de compresión y flexión del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  al adicionar fécula de maíz en su composición. Empleando las normativas técnicas como la ACI 211, considerando una muestra patrón y otra adición de 2% y 3% de fécula de maíz al concreto.

Se tomaron 3 muestras por cada edad 7 días, 14 días y 28 días para las pruebas de flexión y otro lote igual para las pruebas de compresión, unos lotes con el aditivo de 2% y otros con el aditivo de 3% de fécula de maíz, haciendo un total de 54 muestras, así poder conocer las propiedades mecánicas del concreto. Se tomó el agregado grueso de la Cantera Gamarra y el agregado fino de la Cantera Aymituma, ambas canteras están ubicadas en sector Pachachaca, Abancay-Apurímac.

La presente tesis tiene enfoque cuantitativo, tipo explicativo, nivel descriptivo, diseño experimental; con un total de 54 muestras de concreto, las cuales fueron divididas en 27 briquetas y 27 vigas. La recolección de datos se realizó con fichas técnicas que fueron validadas por profesionales entendidos en el tema.

Se determinó que la incorporación de la fécula de maíz sí influye en el comportamiento de las propiedades mecánicas de compresión y flexión en los porcentajes de sustitución del 2% y 3%, sin embargo, a los 28 días de edad ambas resistencias se ven reducidas significativamente, por lo que, no cumple con la resistencia mínima establecida por normativa para el diseño del concreto estructural  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Palabras clave:** Fécula de maíz, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.

## ABSTRACT

This thesis analyzed the addition of corn starch in the composition of concrete  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , and its influence on the mechanical properties of compression and bending. Using technical standards such as ACI 211, considering a standard sample and another addition of 2% and 3% corn starch to the concrete.

Three samples were taken for each age, 7 days, 14 days and 28 days for the flexural tests and another batch for the compression tests, some batches with the 2% additive and others with the 3% cornstarch additive, making a total of 54 samples, in order to know the mechanical properties of the concrete. The coarse aggregate was taken from the Gamarra Quarry and the fine aggregate from the Aymituma Quarry, both quarries are located in the Pachachaca sector, Abancay-Apurimac.

This thesis has a quantitative approach, explanatory type, descriptive level, experimental design; with a total of 54 concrete samples, which were divided into 27 briquettes and 27 beams. The data collection was carried out with technical data sheets that were validated by professionals knowledgeable in the subject.

It was determined that the incorporation of corn starch does influence the behavior of the compressive and flexural mechanical properties at the substitution percentages of 2% and 3%; however, at 28 days of age, both strengths are significantly reduced, and therefore, do not comply with the minimum strength established by regulations for the design of structural concrete  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Key words:** corn starch, compressive strength, flexural strength.

## INDICE GENERAL

PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS.....	ii
REPORTE DE SIMILITUD.....	iii
METADATOS COMPLEMENTARIOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRAC.....	vii
ÍNDICE DE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLA .....	x
ÍNDICE DE FIGURA.....	xii
ACRONIMOS.....	xiv
INTRODUCCION.....	xv
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.4 Objetivo de la investigación.....	4
1.5 Delimitación de la investigación.....	4
1.6 Viabilidad de la investigación.....	5
1.7 Limitaciones.....	6
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	7
2.1 Antecedentes de la investigación.....	7
2.2 Bases teóricas.....	11
2.3 Marco conceptual.....	21

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	23
3.1 Hipótesis.....	23
3.2 Métodos.....	23
3.3 Tipos de investigación.....	24
3.4 nivel o alcance de investigación.....	24
3.5 Diseño de investigación.....	24
3.6 Operacionalización de variables.....	24
3.7 Población, muestra y muestreo.....	27
3.8 Técnicas e instrumentos.....	28
3.9 Consideraciones éticas.....	29
3.10 procesamiento de estadístico.....	29
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 Resultados.....	31
4.2 Prueba de hipótesis.....	52
4.3 Discusión de resultados.....	57
Conclusiones.....	61
Recomendaciones.....	62
Anexos.....	69

## Indice de tabla

Tabla 1. <i>Operacionalizacion de variables</i> .....	26
Tabla 2. <i>Produccion de probetas para laboratorio</i> .....	27
Tabla 3. <i>Produccion de vigas para laboratorio</i> .....	28
Tabla 4. <i>Porcentajes de humedad del agregado fino</i> .....	32
Tabla 5. <i>Porcentaje de humedad del agregado grueso</i> .....	33
Tabla 6. <i>Grado de absorcion del agregado fino</i> .....	33
Tabla 7. <i>Grado de absorcion del agregado grueso</i> .....	34
Tabla 8. <i>Peso unitario suelto del agregado fino</i> .....	35
Tabla 9. <i>Peso unitario suelto del agregado grueso</i> .....	36
Tabla 10. <i>Peso unitario compactado del agregado fino</i> .....	37
Tabla 11. <i>Peso unitario compactado del agregado grueso</i> .....	37
Tabla 12. <i>Analisis granulometrico de agregado fino</i> .....	38
Tabla 13. <i>Analisis granulometrico de agregado grueso</i> .....	40
Tabla 14. <i>Resumen de las propiedades de los agregados</i> .....	41
Tabla 15. <i>Caracteristicas del cemento y propiedades del concreto</i> .....	41
Tabla 16. <i>Slump del concreto</i> .....	42
Tabla 17. <i>Progreso de la compresion de concreto patron en 7 días</i> .....	43
Tabla 18. <i>Progreso de la compresion de concreto patron en 14 días</i> .....	43
Tabla 19. <i>Progreso de la compresion de concreto patron en 28 días</i> .....	43
Tabla 20. <i>Progreso de la compresion de concreto al 2% a los 7 días</i> .....	44
Tabla 21. <i>Progreso de la compresion de concreto al 2% a los 14 días</i> .....	44
Tabla 22. <i>Progreso de la compresion de concreto al 2% a los 28 días</i> .....	44
Tabla 23. <i>Progreso de la compresion de concreto al 3% a los 7 días</i> .....	45
Tabla 24. <i>Progreso de la compresion de concreto al 3% a los 14 días</i> .....	45
Tabla 25. <i>Progreso de la compresion de concreto al 3% a los 28 días</i> .....	45

Tabla 26. <i>Comparacion de las resistencias a compresion</i> .....	46
Tabla 27. <i>Progreso de la flexion del concreto patron a los 7 días</i> .....	48
Tabla 28. <i>Progreso de la flexion del concreto patron a los 14 días</i> .....	48
Tabla 29. <i>Progreso de la flexion del concreto patron a los 28 días</i> .....	48
Tabla 30. <i>Progreso de la flexion del concreto al 2% a los 7 días</i> .....	49
Tabla 31. <i>Progreso de la flexion del concreto al 2% a los 14 días</i> .....	49
Tabla 32. <i>Progreso de la flexion del concreto al 2% a los 28 días</i> .....	50
Tabla 33. <i>Progreso de la flexion de concreto al 3% a los 7 días</i> .....	50
Tabla 34. <i>Progreso de la flexion de concreto al 3% a los 14 días</i> .....	51
Tabla 35. <i>Progreso de la flexion de concreto al 3% a los 28 días</i> .....	51
Tabla 36. <i>Comparacion de la resistencias a flexion</i> .....	52
Tabla 37. <i>Normalidad de los resultados de compresion al 2% de fecula de maiz</i> .....	53
Tabla 38. <i>Prueba de T de Student para la compresion al 2% de fecula de maiz</i> .....	53
Tabla 39. <i>Prueba de muestras emparejadas (Tde Student)al 2%</i> .....	54
Tabla 40. <i>Normalidad de los resultados de flexion al 2% de fecula de maiz</i> .....	54
Tabla 41. <i>Prueba T de Student para la flexion 2% de fecula de maiz</i> .....	55
Tabla 42. <i>Prueba de muestras emparejadas(T de Student) al 2%</i> .....	55
Tabla 43. <i>Normalidad de los resultados de compresion al 3% de fecula de maiz</i> .....	56
Tabla 44. <i>Prueba T de Student para la compresion al 3% de fecula de maiz</i> .....	56
Tabla 45. <i>Prueba de muestras emparejadas(T de Student) al 3%</i> .....	56
Tabla 46. <i>Normalidad de los resultados de flexion al 3% de fecula de maiz</i> .....	57
Tabla 47. <i>Prueba T de Student para la flexion al 3% de fecula de maiz</i> .....	57
Tabla 48. <i>Prueba de muestras emparejadas (Tde Student) al 3%</i> .....	58

## Indice de figuras

Figura 1. <i>Imagen satelital de cantera Gamarra</i> .....	31
Figura 2. <i>Imagen satelital de cantera Aymituma</i> .....	32
Figura 3. <i>Peso especifico del A.F.</i> .....	34
Figura 4. <i>Peso especifico del A.G.</i> .....	34
Figura 5. <i>Peso especifico del A.F.</i> .....	35
Figura 6. <i>Peso especifico del A.G.</i> .....	36
Figura 7. <i>Peso unitario compactado del agregado grueso</i> .....	38
Figura 8. <i>Curva granulometrica de agregado fino</i> .....	39
Figura 9. <i>Curva granulometrica de agregado fino</i> .....	39
Figura 10. <i>Curva granulometrica de agregado grueso</i> .....	40
Figura 11. <i>Curva granulometrica de agregado grueso</i> .....	41
Figura 12. <i>Slump de concreto</i> .....	42
Figura 13. <i>Elaboracion de muestras de briqueta y vigas en laboratorio</i> .....	43
Figura 14. <i>Progreso de la compresion del concreto patron a los 7 dias, 14 dias y 28 dias</i> .....	44
Figura 15. <i>Progreso de la compresion del concreto con aditivo al 2% a los 7 dias, 14 dias y 28 dias</i> .....	45
Figura 16. <i>Progreso de la compresion del concreto con aditivo al 3% a los 7 dias, 14 dias y 28 dias</i> .....	46
Figura 17. <i>Comparacion de las resistencia a compresion del concreto patron con aditivo 2% y aditivo al 3%</i> .....	47
Figura 18. <i>Resultados de laboratorio de pruebas a compresion</i> .....	47
Figura 19. <i>Evolucion de resistencia a flexion del concreto patron a los 7 dias, 14 dias y 28 dias</i> .....	49

Figura 20. Progreso de la flexion del concreto con aditivo al 2% a los 7 dias, 14 dias y 28 dias .....	50
Figura 21. Progreso de la flexion del concreto con aditivo al 3% a los 28 dias .....	51
Figura 22. Comparacion de resistencias a flexion de concreto a los 7 dias, 14 dias y 28 dias de curado.....	52
Figura 23. Pesos resultados de pruebas a flexion en laboratorio.....	52
Figura 24. Movilidad y personal contratados por la toma de muestras de las canteras...69	
Figura 25. Muestras de agregado recopilados de canteras.....	69
Figura 26. Preparacion de concreto patron y las muestras de 2% y 3% de fecula de maiz.....	70
Figura 27. Estado de la mezcla de concreto en las etapas iniciles de dicion de fecula de maiz.....	70
Figura 28. Realizando de prueba de Slump para diseño de mezcla.....	71
Figura 29. Molde de briquet prismatica, para generar muestras de vigas.....	71
Figura 30. Muestras de vigas de concreto patron $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	72

## ACRÓNIMOS

**PU** : Peso unitario.

**PUC** : Peso unitario compacto.

**PUS** : Peso unitario suelto.

**PUSC** : Peso unitario seco compactado.

**ACI** : Instituto Americano del Concreto.

**ASTM**: Sociedad América Para Pruebas y Materiales.

## INTRODUCCIÓN

A pesar de las numerosas ventajas, el concreto no está exento de desafíos y limitaciones. A medida que las estructuras de concreto envejecen y se enfrentan a condiciones ambientales adversas, como la exposición a la humedad, productos químicos o cargas repetitivas, pueden surgir deficiencias que comprometen su integridad y rendimiento. Es imperativo que el concreto utilizado en la infraestructura posea propiedades físicas mejoradas para garantizar durabilidad y resistencia.

Por ello, el objetivo de la presente tesis es comprobar si la fécula de maíz, puede compartir sus propiedades newtonianas con el concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y este pueda soportar grandes impactos a fuerzas de compresión y flexión.

En este contexto, la presente tesis aborda los siguientes capítulos:

El Capítulo I detalla la problemática actual, el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos de la investigación, así como la viabilidad y las limitaciones del desarrollo del estudio.

El Capítulo II abarca los antecedentes de la investigación, el marco teórico y conceptual que fundamenta la investigación. La información se obtuvo de fuentes confiables, como repositorios universitarios y revistas indexadas de temas relacionados.

El Capítulo III expone la metodología utilizada en la investigación, que incluye la formulación de la hipótesis, el tipo y alcance del estudio, el diseño de investigación, así como la operacionalización de variables. También se detallan la identificación de la población, muestra y el método de muestreo empleado, junto con las técnicas e instrumentos utilizados, y se abordan sus implicaciones éticas y de procesamiento de datos.

El Capítulo IV presenta los resultados del estudio, primero de manera descriptiva y luego con análisis estadístico a través de una prueba de hipótesis. La discusión se desarrolla en conjunto con los autores citados.

Finalmente, se establecen conclusiones y recomendaciones de manera coherente con los objetivos planteados y los resultados obtenidos.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Realidad problemática.**

El concreto u hormigón, es uno de los materiales más utilizados en la construcción en todo el mundo, su versatilidad, resistencia y durabilidad lo convierten en una opción preferida para una amplia gama de aplicaciones, desde estructuras de edificios hasta infraestructuras de transporte. El concreto ha sido fundamental en el desarrollo de nuestras ciudades y ha desempeñado un papel crucial en el progreso de la sociedad moderna (Masseck, 2018).

A pesar de sus muchas ventajas, el concreto no está exento de desafíos y limitaciones, a medida que las estructuras de concreto envejecen y se enfrentan a condiciones ambientales adversas, como la exposición a la humedad, los productos químicos o las cargas repetitivas pueden surgir deficiencias que comprometen su integridad y rendimiento. Estas deficiencias pueden incluir la aparición de grietas, el deterioro de la superficie, la corrosión de las armaduras de refuerzo y la pérdida de resistencia estructural (Rodríguez y Meza, 2018).

La ciudad de Abancay, ha presentado un crecimiento acelerado en términos demográficos, esto generó la necesidad de la construcción de edificaciones habitacionales para satisfacer esa demanda, sin embargo, estas edificaciones son viviendas informales o autoconstruidas con visibles problemas de concepción estructural; lo que compromete la integridad de las edificaciones. Ya que en caso de sismos se producen cargas laterales, que

hacen que el concreto se vea expuesto a fuerzas de compresión y flexión, al tener un sobreesfuerzo a compresión y flexión tienden a sufrir daños en las construcciones.

Ante estas dificultades, se plantea la imperiosa tarea de llevar a cabo investigaciones y explorar nuevas vías en la composición de mezclas de hormigón con el fin de potenciar las características del material y promover avances en la eficacia del diseño y la excelencia de las construcciones. Este estudio se centra en el propósito fundamental de optimizar la ejecución de obras, asegurando la plena satisfacción y seguridad de la comunidad.

## **1.2 Planteamiento del problema.**

### ***1.2.1 Formulación de problema.***

Ante la problemática señalada, se planteó una formulación de concreto que pueda servir como una alternativa viable para las construcciones que requieran una mayor resistencia mecánica, para esto se atribuye la adición de fécula de maíz en la composición de concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con el fin de contrastar las propiedades obtenidas por este con las de la formulación tradicional y las señaladas en la normativa técnica peruana para la elaboración de este material.

### ***1.2.2 Problema general.***

¿En qué medida influye la adición de fécula de maíz en proporciones de 2% y 3% en las propiedades del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay-Apurímac 2021?

### **1.2.3 Problemas específicos.**

- ¿En qué medida influye la adición de 2% de fécula de maíz en las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay-Apurímac 2021?
- ¿En qué medida influye la adición de 3% de fécula de maíz en las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay-Apurímac 2021?

### **1.3 Justificación de la investigación.**

La presente tesis se determinó si la adición de fécula de maíz mejora las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , así tener nuevo conocimiento teórico que ayude a diseñar mejores composiciones de concreto con diferentes propiedades que se adapten a diversos usos en concreto, además de servir como un antecedente para las investigaciones de este tipo.

La tesis tiene un aporte práctico al proporcionar resultados cuantificables por medio de pruebas realizadas en un laboratorio, este aporte es importante para estudios futuros sobre el material de fécula de maíz, usado en el diseño de un concreto que cumpla con las normativas actuales vigentes con el fin de generar propiedades a la compresión y flexión que se adapten a las necesidades estructurales de ciertos proyectos.

## **1.4 Objetivos de la investigación.**

### **1.4.1 Objetivo general.**

Determinar la influencia de la adición de 2% y 3% de fécula de maíz en las propiedades del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay- Apurímac 2021.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Analizar la influencia de la adición de 2% de fécula de maíz en las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay- Apurímac 2021.
- Analizar la influencia de la adición de 3% de fécula de maíz en las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay- Apurímac 2021.

## **1.5 Delimitación de la investigación.**

### **1.5.1 Delimitación espacial.**

La presente tesis está delimitada en el área de la región Apurímac, específicamente en la ciudad de Abancay, siendo esta localización aquella donde se obtuvieron tanto los componentes, como los resultados.

### **1.5.2 Delimitación temporal.**

El presente estudio se desarrolló en el año 2021.

### **1.5.3 Delimitación social.**

En este trabajo de investigación, no se limita el alcance social, ya que se consideraron las muestras de concreto como la población de estudio, lo que implica una amplia perspectiva que abarca diferentes contextos y aplicaciones.

### **1.5.4 Delimitación conceptual.**

La tesis se delimita conceptualmente en la adición de fécula de maíz, es decir, analizar el comportamiento que este material otorga sobre las propiedades de compresión y flexión.

## **1.6 Viabilidad de la investigación.**

### **1.6.1 Conveniencia.**

El estudio concluyó que la adición de fécula de maíz impacta de manera positiva en las propiedades mecánicas de compresión y flexión del concreto con una resistencia característica de 210 kg/cm<sup>2</sup>, siendo viable desde el punto de vista técnico y económicamente sustentable. Esto se debe a la disponibilidad de los recursos esenciales, como los materiales y equipos necesarios para llevar a cabo los ensayos de compresión y flexión, los cuales estaban al alcance de la investigadora y se ejecutaron en el laboratorio de GEOMAT SERV E.I.R.L.

### **1.6.2 Técnica.**

Esta tesis tiene una contribución con respecto a la preparación de un concreto que pueda tener mejores propiedades a la compresión y flexión, adicionando en la formulación un porcentaje de fécula de maíz, esperando que este pueda adquirir de forma mínima un tipo de propiedad que solo tienen los fluidos no newtonianos.

### **1.6.3 Relevancia social.**

La presente tesis se plantea servir de fuente de información para futuros alumnos y profesionales de la ingeniería civil, ofreciendo esta alternativa para ser aplicada o mejorada dependiendo del diseño de la formulación descrita como base para futuras investigaciones.

## **1.7 Limitaciones.**

### **1.7.1 Científico**

La información sobre la variable de fécula de maíz como un aditivo en la elaboración de concreto es limitada, por lo que el diseño se basó en la adición de pequeñas proporciones de fécula de maíz, tales como el 2% y 3%, si bien existen variaciones de esta, sus resultados son poco representativos para el objetivo del presente estudio.

### **1.7.2 Social**

Debido a la pandemia por Covid-19 transcurrida el 2021, tanto la recolección como la fabricación de los perfiles del concreto se vieron limitados en lo respectivo a la mano de obra, ya que el aforo fue reducido significativamente.

### **1.7.3 Económico**

La presente tesis se limita al estudio de las propiedades de compresión y flexión en el laboratorio, ya que su testeado en estructuras más grandes tendría un costo bastante alto como para ser asumido por el investigador.

## **CAPÍTULO II:**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación.**

##### **2.1.1 A nivel internacional.**

Reina y Pincay (2022) se plantearon como finalidad identificar el impacto de la fibra de tereftalato de polietileno (PET) bajo una resistencia de 210 y 350 kg/cm<sup>2</sup> en concreto rígido en Ecuador. Bajo tal propósito elaboraron una metodología cuantitativa aplicada cuasi experimental considerando 36 probetas cilíndricas y 24 probetas rectangulares. Los resultados mostraron una temperatura constante independientemente de la adición de fibras PET; no obstante, con la adición de tales fibras se evalúa una menor comprensión y resistencia al incorporar un 2% aunque alcanzan la resistencia necesaria tras 28 días desde la adición. Mientras que la resistencia flexión se incrementa un 10.27% en aquellos hormigones sin reforzar en contraste con el 13.78% más que se alcanzó en aquella sin reforzar.

González y Proaño (2022) tuvieron como propósito de investigación analizar la influencia de la inclusión de material reciclado en el agregado grueso a fin de evaluar la resistencia de comprensión de 180 y 210 kg/cm<sup>2</sup> en Ecuador. Con tal fin, desarrollaron una investigación cuantitativa aplicada de diseño cuasi experimental, de esta manera la adición del material reciclado fue evaluado en 5%, 15% y 20%. Consecuentemente se halló una disminución notable de la resistencia a compresión del hormigón hasta en un 29%, 50% y

65% acorde al porcentaje de adición respectivamente tras un plazo de análisis de 28 días. Finalmente se concluyó que, si bien es una alternativa más viable económicamente, esta adición no demuestra la resistencia esperada por lo que no se recomienda su aplicabilidad.

Chávez et al. (2018) analizaron la influencia que tendría la fibra de acero en el hormigón  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> en el caso del hormigón simple en Ecuador. Desarrollaron una metodología cuantitativa aplicada cuasi experimental en 24 especímenes de ensayo. Se observó que la trabajabilidad disminuye en un 15% ya que se ha de tratar con revenimientos altos para asegurar la fluidez de la pasta de hormigón; de igual manera, la resistencia no dio los resultados esperados puesto que se disminuyó la misma a pesar de incluir contenidos mínimos de fibras. Finalmente, se concluye que sí existe asociación, pero los resultados obtenidos no son beneficiosos para la estructura del hormigón por lo que se recomienda el análisis de demás fibras.

Virguez (2018), por su parte, buscó determinar la influencia de la adición de fibras metálicas y sintéticas en el uso de estructuras en Colombia. Bajo tal enfoque su metodología fue aplicada y cuantitativa. Los resultados mostraron un aumento de resistencia en fuerzas sísmicas, ductibilidad y durabilidad del concreto reforzado con fibra metálica y sintética, lo cual se debió a la disminución de probabilidad de fisuras. Asimismo, se observó una mejora en los costos al reducirse en un 3.3% en el costo de construcción gracias a la fibra sintética y un 1.2% gracias a la adición de fibra metálica. No obstante, esta última es limitada pues tiene una menor resistencia en contraste con la fibra sintética. Finalmente, la mezcla de 20 kg/m<sup>3</sup> presentó un mejor comportamiento en comparación a las dosificaciones de 40 kg/m<sup>3</sup> y de 60 kg/m<sup>3</sup>; concluyéndose que la mejor mezcla es aquella elaborada con la adición de fibra sintética al presentar un mejor comportamiento en la manejabilidad y resistencia, por lo que se recomienda la consideración de su uso en estructuras reforzadas bajo las normativas correspondientes.

### **2.1.2 A nivel nacional.**

Cadillo y Mozo (2021) indagaron respecto a la adición del mineral pirita y su influencia en la resistencia a la flexión, compresión y el asentamiento sobre el concreto patrón  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> localizado en Trujillo. Mediante una investigación cuasi experimental de tipo aplicada realizaron una adición del 5%, 10% y 15% en 48 probetas. Los resultados demostraron que se obtiene una mejor resistencia en el concreto mediante la adición del 5% de pirita al alcanzar una compresión de 454 kg/cm<sup>2</sup> y una flexión de 50.4 kg/cm<sup>2</sup> al haberlo evaluado 28 días posterior a su aplicación, momento en el cual se alcanza la máxima resistencia posible.

Rojas y Cuenca (2021) tuvieron como fin de estudio identificar la incidencia de la adición de ceniza de cáscara de papa sobre la resistencia a flexión que existe en el caso del concreto patrón  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> en Huaraz. Ejecutó una investigación explicativa aplicada de enfoque cuantitativa experimental considerando una población de 36 muestras y una adición del 2%, 5% y 7%. Los resultados evidenciaron que respecto a la resistencia a la flexión se mostró una mejora de 37.15% (en el caso de la adición del 2%), de 41.33% (en el caso de la adición del 5%) y de 45.88% (en el caso de la adición del 7%), en los primeros siete días de dicha adición; valores que subieron al 45%, 46.09% y 48.60% correspondientemente luego de catorce días, y finalmente, los valores incrementaron al 53.94%, 54.92% y 54.96% luego de veintiocho días. Por lo cual se concluyó que sí existe un beneficio de implementar la ceniza de cáscara de papa en el concreto patrón mencionado.

Cherre y Sandoval (2019) llevaron a cabo una investigación con el propósito de analizar el efecto de la sustitución parcial de cemento por cenizas de rastrojo de maíz en la resistencia a la compresión y la consistencia del concreto con una resistencia nominal de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Se consideró la sustitución en proporciones de 3%, 5% y 8% por medio de

un total de 36 muestras, analizadas en 7, 14 y 28 días. Los resultados revelaron un incremento en la resistencia a la compresión del concreto al utilizar cenizas de rastrojo de maíz como sustituto parcial de cemento. Se observó que la formulación con una sustitución del 3% presentó la mayor resistencia. Sin embargo, se identificaron ciertos desafíos en la trabajabilidad de la mezcla en estado fresco, principalmente debido al asentamiento.

### **2.1.3 A nivel regional/local.**

Medina (2022) se trazó como finalidad identificar la influencia que tiene la adición de concreto reciclado sobre las propiedades mecánicas a flexión y compresión del concreto  $f'c$  210  $kg/cm^2$  en Abancay. Mediante una investigación aplicada cuasi experimental con corte transversal se emplearon 48 briquetas y una adición del 25%, 50% y 75%. Los resultados mostraron que sí existe una influencia en el caso del agregado a 50% y 75%, mas no respecto al 25%. Por tanto, se concluyó que a medida que más se añade el valor de cantidad agregado de concreto reciclado, la compresión, flexión y resistencia va disminuyendo.

Flores y Ostos (2019) tuvieron como finalidad indagar respecto al efecto que tiene la adición de fibra de acero y fibra de vidrio en la estructura de concreto a fin de que se compare su resistencia a compresión en concreto  $f'c$  210  $kg/cm^2$  en Abancay. Para lo cual desarrollaron un estudio aplicado cuantitativo cuasi experimental en el que se tomó en consideración dos canteras de la zona de estudio. Los resultados obtenidos indican que el agregado grueso cumple con los requisitos de la curva de granulometría, y se observa un módulo de fineza adecuado en relación con el agregado fino. Se llegó a la conclusión de que la resistencia a la compresión aumenta en un 4% y un 6% con la incorporación de fibra de acero y fibra de vidrio, respectivamente. Sin embargo, se observó una disminución en la trabajabilidad de la mezcla.

## **2.2 Bases teóricas.**

### **2.2.1 *El concreto estructural.***

Según la norma E-060, el concreto es una mezcla de cemento, agregados (fino y grueso), agua y con o sin aditivos, estos últimos le dan al concreto diferentes propiedades para usos variados, todo en conjunto debe cumplir con las normas técnicas respectivas para cada caso. Reconociéndose al concreto estructural como cualquier concreto usado para fines estructurales ya sea simple o reforzado (Remigio, 2021).

El concreto está diseñado para soportar cargas pesadas y resistir condiciones climáticas extremas, como temperaturas extremadamente altas o bajas, lluvias intensas y nevadas. Las losas de concreto que forman el concreto están unidas entre sí y se apoyan sobre una capa base de material granular. A diferencia del concreto flexible, que se utiliza en calles y carreteras de menor tráfico, el concreto rígido se utiliza en carreteras de alta velocidad y en aeropuertos debido a su capacidad para soportar cargas pesadas. Es una solución duradera y resistente al desgaste y a los daños causados por el tráfico intenso y constante. El concreto rígido también es más fácil de mantener y reparar que el concreto flexible, ya que las losas de concreto pueden ser reemplazadas individualmente sin afectar el resto de la superficie. En resumen, el concreto rígido es una estructura de concreto armado resistente que se utiliza en superficies de transporte donde se requiere una mayor durabilidad y resistencia al desgaste y al clima. Es una solución eficaz y de larga duración para las carreteras y superficies de transporte que soportan cargas pesadas y tráfico intenso (Carita, 2016).

### **2.2.1.1 Propiedades del concreto.**

#### **A. Resistencia Del Concreto.**

La fuerza del concreto es esencial para determinar la capacidad de una estructura para soportar cargas. La resistencia a la compresión se emplea comúnmente como indicador de la robustez del concreto. Factores como la composición de la mezcla, la proporción agua-cemento y los métodos de curado son cruciales para influir en la resistencia del concreto (Smith, 2010).

##### **A.1. Resistencia a compresión.**

La resistencia a compresión del concreto es una medida fundamental de su capacidad para soportar cargas compresivas. Este parámetro está influenciado por varios factores intrínsecos y extrínsecos que afectan la formación y la interacción de las fases constituyentes del concreto.

##### **A.2. Resistencia a flexión.**

La resistencia a flexión se relaciona con la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción en su parte inferior y compresión en su parte superior. Según Mindess, Young y Darwin (2003), los esfuerzos de flexión en el concreto se generan debido a las cargas aplicadas y resultan en zonas de tracción y compresión en la sección transversal de la estructura.

#### **B. Durabilidad.**

La durabilidad del concreto se refiere a su capacidad para resistir condiciones ambientales adversas a lo largo del tiempo. Factores como la exposición a ambientes agresivos, la permeabilidad y la protección contra la corrosión del refuerzo son elementos esenciales que influyen en la durabilidad del concreto (Jones & Brown, 2015).

### **C. Trabajabilidad.**

La trabajabilidad del concreto se refiere a la facilidad con la que puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado. Aspectos como la relación agua-cemento, la proporción de agregado fino y el uso de aditivos son cruciales para determinar la trabajabilidad del concreto (García et al., 2018).

### **D. Densidad.**

La densidad del concreto es un parámetro importante que influye en su peso y capacidad de carga. La densidad está directamente relacionada con la proporción de agregados y la cantidad de aire atrapado durante el proceso de mezcla (Rodríguez, 2013).

## **2.2.1.2 Componentes del concreto.**

### **A. Cemento Portland**

El cemento es un aglutinante hidráulico, lo que significa que es un material inorgánico que ha sido pulverizado finamente y que, al mezclarse con agua y experimentar un proceso de hidratación, se convierte en una pasta, de tal manera que, una vez esta es endurecida puede conservar su estabilidad y resistencia incluso bajo el agua (Zeballos, 2020).

El cemento Portland es un tipo común de cemento utilizado en la construcción que se produce mediante la combinación de piedra caliza, arcilla y otros materiales en proporciones precisas. Después de molerlos y calentarlos a altas temperaturas en un horno rotativo, se forma clinker de cemento que luego se muele en un polvo fino. Se mezcla con una pequeña cantidad de sulfato de calcio (yeso) para producir el cemento final. Es un material duradero y resistente que se utiliza en una variedad de aplicaciones de construcción, incluyendo la fabricación de mortero y hormigón (Remigio, 2021).

### **A.1. Características del cemento**

Las principales características del cemento son su resistencia, durabilidad y versatilidad, lo que lo convierte en un material muy utilizado en una amplia variedad de aplicaciones de construcción. Además, el cemento es un material de adhesión y tiene un tiempo de fraguado que puede variar según el tipo y las condiciones de la mezcla. Aunque el cemento puede ser frágil en ciertas situaciones, sigue siendo un material importante y necesario en la construcción debido a sus propiedades únicas (Benavente y Mamani, 2017).

### **A.2. Clasificación del cemento.**

Existen diferentes clasificaciones de cemento, dependiendo de los criterios de clasificación. Algunas de las clasificaciones más comunes son las siguientes:

- Por composición: Los tipos de cemento pueden clasificarse según su composición, como cemento Portland, cemento de escoria, cemento puzolánico, entre otros.
- Por resistencia: Los tipos de cemento también pueden clasificarse según su resistencia, como cemento de alta resistencia inicial, cemento de alta resistencia final, cemento de resistencia moderada, entre otros.
- Por uso: Los tipos de cemento también pueden clasificarse según su uso, como cemento para concretos, cemento para puentes, cemento para edificios, entre otros.
- Por color: Los tipos de cemento también pueden clasificarse según su color, como cemento blanco y cemento gris.

Cada tipo de cemento tiene sus propias características y propiedades únicas, y se selecciona en función de las necesidades y requisitos específicos de cada proyecto de construcción (Carita, 2016).

### **B. Agregado fino.**

Este tipo de agregado es un componente base del concreto, junto con el cemento, el agua y el agregado grueso. Este material se compone de arena, polvo de piedra triturada u otros materiales similares, y su tamaño de partícula es menor que el del agregado grueso, generalmente de 5 mm o menos. El agregado fino se utiliza en la mezcla de concreto para llenar los espacios entre los granos del agregado grueso y para proporcionar una superficie de unión para el cemento y el agua. Ayuda a mejorar la trabajabilidad y la plasticidad del concreto, así como su resistencia a la compresión y a la abrasión. En resumen, el agregado fino es como la "arena" del concreto (Zeballos, 2020).

### **C. Agregado grueso.**

El agregado grueso es uno de los ingredientes principales del concreto y es una mezcla de rocas, grava, piedras trituradas, escoria y otros materiales similares. El agregado grueso se agrega a la mezcla de concreto para hacerlo más fuerte y duradero. Es como el "esqueleto" del concreto y su tamaño varía desde 5 mm hasta 100 mm (Carita, 2016).

### **D. Agua.**

El agua, según la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.088, deberá ser potable, es decir, debe ser un agua tratada que no presente impurezas y sea lo más fresca posible, por lo general se aconseja que sea agua del grifo o de alguna fuente de agua potable verificable (SEDAPAL, 2016).

El agua que se utiliza en la fabricación del concreto debe cumplir con ciertas características para garantizar la calidad y las propiedades del cemento. Algunas de las características que debe tener el agua son las siguientes:

- Pureza: El agua debe ser limpia y libre de impurezas, como sólidos suspendidos, aceites, grasas, ácidos y álcalis.
- pH: El pH del agua debe estar entre 6 y 8, para evitar cualquier reacción química no deseada.
- Temperatura: La temperatura del agua debe ser adecuada para la mezcla de cemento, generalmente entre 5 y 30 grados Celsius.
- Cantidad: La cantidad de agua utilizada en la mezcla debe ser la justa y necesaria para lograr la consistencia deseada, ya que el exceso o la falta de agua pueden afectar las propiedades del cemento.
- Potabilidad: El agua utilizada debe ser potable y apta para el consumo humano, según las normas y regulaciones locales.

El agua es un componente crítico en la fabricación del cemento, ya que es necesaria para la hidratación y el fraguado del cemento. Por lo tanto, es importante que se utilice agua de alta calidad y se cumplan con las características mencionadas para garantizar la calidad y las propiedades del cemento (Remigio, 2021).

### **2.2.1.3 Curado del concreto.**

El curado del concreto es una etapa crítica que se realiza tras su colocación y fraguado inicial. Consiste en mantener condiciones controladas de temperatura, humedad y tiempo para que el concreto desarrolle su resistencia y durabilidad óptimas. Un adecuado proceso de curado ayuda a minimizar la retracción, incrementar la resistencia y mejorar la durabilidad del concreto (Neville, 2011).

### **2.2.1.4 Ensayos de laboratorio.**

#### **A. Granulometría.**

La granulometría es como la "clasificación de tamaños" de los agregados que se utilizan en el concreto, tanto del agregado grueso como del fino. Esto se hace mediante un análisis que separa las partículas por tamaño utilizando una serie de tamices. La granulometría es importante en el concreto porque afecta su trabajabilidad, resistencia y durabilidad. Una buena distribución de tamaños puede mejorar el concreto, mientras que una mala distribución puede hacer que la mezcla no sea uniforme y menos resistente (Carita, 2016).

#### **B. Peso unitario fino y grueso.**

El peso unitario de los agregados señalados es una consideración clave en el diseño de mezclas de concreto, y se refiere al peso por unidad de volumen de estos materiales. Tanto el agregado fino, como la arena, y el agregado grueso, como la grava, presentan diferentes pesos unitarios debido a sus características físicas y tamaños. ASTM International. (2013).

**C. *Peso específico y absorción.***

El peso específico y la absorción son propiedades importantes de los agregados que afectan directamente las características del concreto. El peso específico se refiere al peso por unidad de volumen de los agregados, mientras que la absorción se relaciona con la capacidad del agregado para retener agua. Estas propiedades influyen en la cantidad de agua que puede ser absorbida por los agregados y, por lo tanto, afectan la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad del concreto. Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). Concrete. Prentice Hall.

**D. *Contenido de humedad.***

El contenido de humedad se refiere a la cantidad de agua presente en un material en relación con su peso o volumen. En el contexto de la construcción y la ingeniería de materiales, medir el contenido de humedad es esencial para evaluar la calidad de los materiales y prever su comportamiento en aplicaciones específicas. Este parámetro es crucial en procesos como el secado de materiales, el control de la calidad del suelo y la fabricación de productos como el concreto. Craig, R. F. (2012).

**2.2.1.5 Diseño de mezcla (ACI 211)**

El método ACI 211 es un proceso que ayuda a diseñar una mezcla de concreto adecuada para lograr la resistencia y durabilidad necesarias, y que sea fácil de trabajar. Se seleccionan los materiales necesarios y se realizan pruebas de laboratorio para conocer sus características físicas. Luego, se ajustan las proporciones de los materiales para lograr una mezcla adecuada y se hacen cálculos para determinar las cantidades exactas de cada material (Carita, 2016). Los pasos de este diseño se detallan en el Anexo 3.

### **2.2.2 Fécula de maíz.**

La fécula de maíz, también conocida como almidón de maíz, es un polvo blanco y fino que se extrae del endospermo del grano de maíz. Es un tipo de carbohidrato complejo que se compone principalmente de amilosa y amilopectina, y se utiliza comúnmente como espesante, estabilizador y agente aglutinante en la industria alimentaria y en la cocina casera. La fécula de maíz se utiliza en una amplia variedad de alimentos, como sopas, salsas, postres, panes y productos horneados, y también se puede utilizar como una alternativa sin gluten a la harina de trigo en recetas para personas con intolerancia al gluten. Además, la fécula de maíz es a menudo utilizada en productos de cuidado personal, como talcos para bebés y productos para el cuidado del cabello. En resumen, la fécula de maíz es un polvo blanco y fino que se extrae del endospermo del grano de maíz y se utiliza comúnmente como espesante, estabilizador y agente aglutinante en la industria alimentaria y en la cocina casera (Masoliver et al., 2017).

La gelatinización es un proceso que ocurre en el concreto cuando se añade agua a la mezcla de cemento, agregados y otros materiales. Durante la hidratación del cemento, se forman cristales de silicato de calcio hidratado (C-S-H), que son los principales responsables de la resistencia y durabilidad del concreto. La gelatinización ocurre cuando el agua se combina con el cemento y otros materiales, formando una pasta que se expande y llena los espacios vacíos entre los agregados. A medida que la pasta se solidifica, se convierte en un material sólido y duro que forma la estructura del concreto (Guevara et al., 2012).

Sin embargo, la cantidad adicional de agua agregada debe ser cuidadosamente controlada para evitar afectar las propiedades mecánicas y durabilidad del concreto. Demasiada agua puede debilitar la resistencia del concreto y aumentar la porosidad, lo que

puede afectar su durabilidad y resistencia a la intemperie. En general, se recomienda agregar solo la cantidad necesaria de agua adicional para mantener la trabajabilidad adecuada de la mezcla, y se debe tener en cuenta que la adición de fécula de maíz también puede afectar el tiempo de fraguado del concreto (Pérez y Echeberria, 2019).

Un fluido no newtoniano es aquel que no sigue la ley de viscosidad de Newton, es decir, su viscosidad no es constante independientemente de la fuerza que se le aplique. En cambio, su viscosidad varía en función de la fuerza aplicada, la velocidad de deformación y la cantidad de esfuerzo que soporta. Los fluidos no newtonianos pueden presentarse en diferentes formas, desde líquidos que se vuelven más espesos al agitarlos hasta materiales sólidos que se vuelven líquidos al aplicarles fuerza. Este comportamiento no newtoniano se debe a la estructura interna del fluido y se puede observar en una variedad de materiales como la pintura, el ketchup, la miel, la sangre, entre otros (Masoliver et al., 2017).

La maicena es un ejemplo común de un fluido no newtoniano, ya que cuando se mezcla con agua, la maicena forma una suspensión que tiene propiedades únicas. A diferencia de los fluidos newtonianos, como el agua, la maicena se vuelve más espesa cuando se agita o se somete a fuerzas de corte. Esto se debe a que las partículas de maicena se unen y forman una estructura sólida en respuesta a la tensión mecánica, lo que hace que la mezcla se comporte como un sólido (Masoliver et al., 2017).

### 2.3. Marco conceptual

**Abrasión:** Se denomina abrasión al desgaste sufrido por una superficie por fricción, mientras más dureza tenga un material menor probabilidad tendrá de sufrir algún tipo de abrasión (Pérez y Echeberria, 2019).

**Análisis granulométrico:** También conocida como granulometría, es el análisis que permite conocer la cantidad de granos existentes en una muestra determinada y comprobar su uniformidad (Alves et al., 2018).

**Amilasa:** Es una enzima que rompe los enlaces del almidón, se clasifica en alfa (presente en el sistema digestivo) y beta (presente en las plantas) (Fuel et al., 2018).

**Clinker:** Es un aglomerante hidráulico producida de una mezcla de minerales a altas temperaturas, es el principal componente del cemento común (Tamás et al., 2001).

**Compresión:** Es el proceso que consiste en someter a un cuerpo a fuerzas contrarias, es decir, con el mismo módulo, pero dirección opuesta con el fin de reducir el volumen de ese cuerpo (Mas y Kirschbaum, 2012).

**Flexión:** Es la deformación máxima que puede presentar un cuerpo al ser sometidos a fuerzas en dirección perpendicular de su eje principal (Fernández y Palomo, 2009).

**Grado de absorción:** Es el indicador de la cantidad de energía máxima que un material puede absorber de un impacto antes de deformarse o agrietarse (Castillo et al., 2011).

**Gelatinización:** Es un proceso irreversible donde el material cambia de fase, por lo general referida a una red polimérica formada por granos de almidón (Cajiao et al., 2016).

**Humedad:** Es una propiedad que indica el porcentaje de vapor de agua contenida en un gas, o el porcentaje de agua contenido en un sólido (Segura et al., 2016).

Peso volumétrico: Es una unidad representativa de la masa específica de un material, generalmente representada por gramos sobre centímetros cúbicos (Bermúdez, 2019).

Plastificante: Es una sustancia química que brinda mayor fluidez a una mezcla de concreto (Esparza, 2021).

Retrogradación: Es el proceso de reducción de temperatura en un compuesto de almidón gelatinizado rígido por la falta de agua que pasa a un estado cristalino (Cajiao et al., 2016)

### **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

La adición de 2% y 3% de fécula de maíz influye de forma positiva en las propiedades del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay- Apurímac 2021.

##### **3.1.2. Hipótesis específicas**

- La adición de 2% de fécula de maíz influye de forma positiva en las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay- Apurímac 2021.
- La adición de 3% de fécula de maíz influye de forma positiva en las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay- Apurímac 2021.

#### **3.2. Método**

En el método hipotético-deductivo, el proceso comienza con la formulación de una hipótesis que propone una relación entre variables. Luego, se diseñan experimentos o se recopilan datos para probar la hipótesis. A través de la observación y el análisis de los

resultados, se llega a una conclusión que puede confirmar o refutar la hipótesis inicial. Karl Popper (1959)

El enfoque es cuantitativo, ya que el instrumento usado ofrece datos cuantitativos a analizar, siendo estos agrupados y tabulados a fin de lograr los objetivos del estudio, asimismo los indicadores e índices de las propiedades mecánicas tienen una naturaleza similar (Ñaupas et al., 2018).

### **3.3. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es APLICADA, diseñada para desarrollar nuevos productos, procesos o servicios para resolver problemas prácticos. Van de Ven, A. H. (2007)

### **3.4. Nivel o alcance de investigación**

La siguiente investigación es de nivel EXPLICATIVO, Busca explicar las relaciones causales entre variables. Carlos S. (1992)

### **3.5. Diseño de investigación**

La investigación es de diseño experimental, ya que se manipulará directamente una de las variables de estudio a fin de analizar su influencia sobre la otra variable y así resolver los objetivos de la investigación (Vélez, 2021).

### **3.6. Operacionalización de variables**

#### **3.6.1. Variable independiente**

Adición de fécula de maíz

**Dimensiones:**

2% de adición

3% de adición

### **3.6.2. Variable dependiente**

Propiedades mecánicas de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

#### **Dimensiones:**

Resistencia a la compresión del concreto estructural  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

Resistencia a la flexión del concreto estructural  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

### 3.6.3. Cuadro de operacionalización de variables

**Tabla 1.**

*Operacionalización de variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Fécula de maíz	La fécula de maíz, también conocida como almidón de maíz, es un polvo blanco y fino que se extrae del endospermo del grano de maíz. (Masoliver et al., 2017).	Es el porcentaje de fécula de maíz que se adicionará a la formulación de concreto estructural $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Cantidad de fécula de maíz incorporar en relación al peso de cemento	2% de adición	Norma Técnica Peruana 400.011
				3% de adición	Norma Técnica Peruana 400.012 Norma Técnica Peruana 400.053
Propiedades del concreto estructural $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	El concreto es una mezcla de cemento, agregados (fino y grueso), agua y en la actualidad algunos aditivos adicionales que le dan al concreto diferentes propiedades para usos variados, todo en conjunto debe cumplir con las normas técnicas respectivas para cada caso (Remigio, 2021).	Son las propiedades mecánicas de compresión y flexión de un concreto estructural $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con una adición de fécula de maíz en su formulación	Resistencia a la Compresión	Test a 7 días Test a 14 días Test a 28 días	Norma Técnica Peruana 339.034
			Resistencia a la Flexión	Test a 7 días Test a 14 días Test a 28 días	Norma Técnica Peruana 339.078

### 3.7. Población, muestra y muestreo

#### 3.7.1. Población

Esta población abarca una variedad de formulaciones de concreto modificadas con aditivos fécula de maíz, con el propósito de evaluar sus efectos en la resistencia a compresión y flexión.

Este informe proporciona orientación sobre la clasificación y el uso de aditivos, sirviendo como referencia clave para entender las diversas mezclas de concreto que forman parte de la población de estudio. ACI Committee 212. (2010).

#### 3.7.2. Muestra.

Estas muestras son objeto de estudio para evaluar de manera detallada y sistemática los efectos de los aditivos en propiedades clave del concreto, como resistencia a compresión y flexión del concreto.

Este informe ofrece directrices específicas sobre la selección de muestras representativas para pruebas de concreto, incluyendo aquellas con aditivos, asegurando la validez y confiabilidad de los resultados. ACI Committee 232. (2009).

#### Tabla 2.

*Producción de probetas para laboratorio*

	Compresión		
	Control	2%	3%
7 días	3	3	3
14 días	3	3	3
28 días	3	3	3

Sub total = 27 unidades de briquetas.

Nota: *propio del investigador*

**Tabla 3.**

*Producción de probetas para laboratorio.*

	Flexión		
	Control	2%	3%
7 días	3	3	3
14 días	3	3	3
28 días	3	3	3

Sub total = 27 unidades de vigas.

Nota: *propio del investigador*

En total se tiene 54 muestras incluyendo las muestras patrón, para el estudio de la adición de fécula de maíz al concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

### **3.7.3. muestreo.**

El muestreo no inferencial es un enfoque de selección de muestras que no se basa en técnicas estadísticas para hacer inferencias más allá de la muestra misma. En lugar de buscar representatividad estadística, este método se centra en la obtención de información detallada sobre casos particulares, permitiendo una comprensión profunda de situaciones específicas

Este libro aborda la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos, destacando cómo el muestreo no inferencial puede fortalecer la validez interna al explorar en profundidad casos específicos. Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017).

## **3.8. Técnicas e instrumentos.**

### **3.8.1. Técnicas.**

La técnica que se utilizó para tener una mezcla eficiente fue la norma ACI 212 y ACI 212, para garantizar un rendimiento óptimo del concreto con aditivo. La elección y

aplicación correctas de las técnicas son esenciales para maximizar los beneficios de los aditivos y garantizar la durabilidad y resistencia deseadas en la estructura de concreto.

Este informe aborda diversas técnicas para la dosificación y aplicación de aditivos, proporcionando orientación sobre las mejores prácticas en el uso de estas sustancias en el concreto. ACI Committee 212. (2010).

### **3.8.2. Instrumentos**

los instrumentos para medir propiedades físicas y mecánicas del concreto, proporcionan una base sólida para entender la importancia de los instrumentos en la evaluación del concreto con aditivos. Neville, A. M. (2011). "Propiedades del concreto". La lista de equipos usados en la presente investigación se detalla en el Anexo 4.

### **3.9. Consideraciones éticas**

Las consideraciones éticas del estudio son respetar las formulaciones planteadas de las probetas de concreto de las cuales se desarrollaron los resultados del presente estudio, garantizando que tal proceso se realizó tal y como lo señalan las normativas.

### **3.10. Procesamiento de estadísticos**

Se agruparon los datos obtenidos en el laboratorio en forma de tablas y figuras en el software Microsoft Excel 2019, mientras que las pruebas estadísticas, iniciaron con las pruebas de normalidad para conocer si los datos encontrados fueron paramétricos o no paramétricos, según esto para determinar si existe una diferencia significativa se usa T de Student o W de Wilcoxon respectivamente, según el resultado de dicho coeficiente se determina la prueba de hipótesis de la investigación, todo el procedimiento estadístico se realizó en el software SPSS v.21.

- **T de Student:** Es una técnica útil en investigaciones y análisis comparativos, especialmente cuando las muestras son pequeñas y la distribución de los datos es aproximadamente normal.  
Student. (1908). "The Probable Error of a Mean." William Sealy Gosset, conocido como Student, introdujo el concepto del t de Student. Este trabajo seminal es fundamental para comprender los fundamentos del método.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

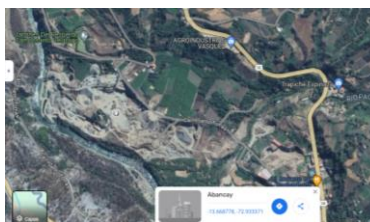
Los resultados fueron basados en el método ACI 211, este es un proceso que ayuda a diseñar una mezcla de concreto adecuada para lograr la resistencia y durabilidad necesarias, y que sea fácil de trabajar. Se seleccionan los materiales necesarios y se realizan pruebas de laboratorio para conocer sus características físicas. Luego, se ajustan las proporciones de los materiales para lograr una mezcla adecuada y se hacen cálculos para determinar las cantidades exactas de cada material (Carita, 2016).

#### 4.1.1. *Obtención de materiales de las canteras.*

El agregado grueso fue seleccionado de la Cantera Gamarra y el agregado fino fue seleccionado de la Cantera Aymituma, ambas canteras están ubicadas en Apurímac, Abancay – Sector Pachachaca.

#### **Figura 1.**

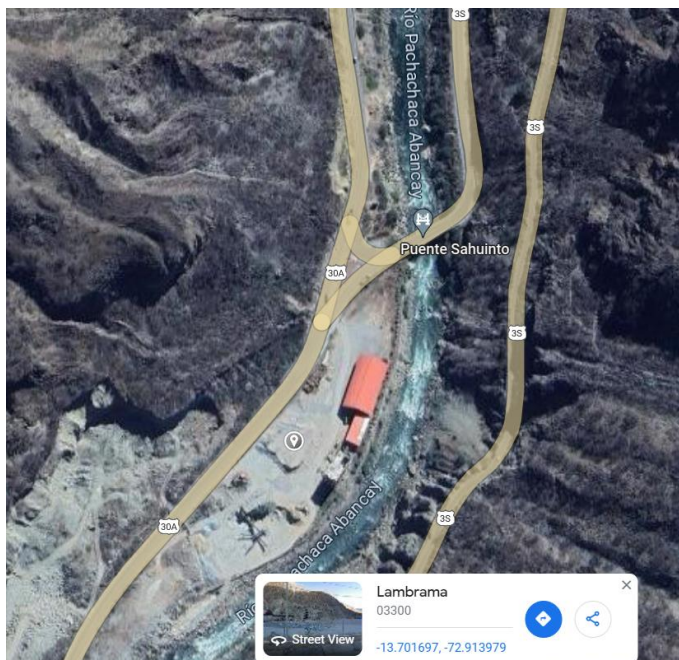
*Imagen satelital de la cantera Gamarra.*



Nota: *imagen satelital google maps.*

**Figura 2.**

*imagen satelital de la cantera Aymituma.*



*Nota: imagen satelital google maps.*

#### **4.1.2. Porcentaje de humedad de agregados finos y gruesos.**

Para hallar el contenido de humedad del agregado fino y grueso se pesaron las muestras y según la NTP 339.185 estos fueron colocados en un horno por aproximadamente 24 horas, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 4.**

Porcentajes de humedad del agregado fino.

Ensayo	M-1
P. muestra húmeda + molde (gr)	1443.1
P. muestra seca + molde (gr)	1433.9
P. del molde (gr)	119.4
P. del agua (gr)	9.2
P. de la muestral seca	1314.50
% de Humedad	0.7 %

*Nota: propio del investigador-laboratorio*

En la Tabla 4 se observa que en promedio se determinó que la humedad contenida en el agregado fino fue de 0.7 %.

**Tabla 5.**

*Porcentajes de humedad del agregado grueso.*

Ensayo	M-1
P. muestra húmeda + molde (gr)	1652.2
P. muestra seca + molde (gr)	1649.2
P. del molde (gr)	118.2
P. del agua (gr)	3
P. de la muestral seca	1531
% de Humedad	0.2 %

Nota: *propio del investigador-laboratorio*

En la Tabla 5 se observa que en promedio se determinó que la humedad contenida en el agregado grueso fue de 0.2 %.

#### **4.1.3. Porcentaje de absorción de agregados finos y gruesos.**

Para determinar el grado de absorción del agregado fino y grueso se sumergió en agua las muestras, obteniendo los resultados señalados en la Tabla 6.

**Tabla 6.**

*Grado de absorción del agregado fino.*

Ensayo	M-1	M-2
P. material saturado superficialmente seco (gr)	300.0	300.0
P. del molde + agua (gr)	723.0	712.6
P. del molde + agua + A (gr)	1023.0	1012.6
P. del material + agua en el frasco (gr)	910.9	900.5
Volumen de masa + volumen de vacío (cm <sup>3</sup> )	112.1	112.1
Peso de material seco en estufa (gr)	295.0	294.9
Volumen de masa (cm <sup>3</sup> )	107.1	107
% de absorción	1.695 %	1.729 %

Nota: *propio del investigador-laboratorio*

En promedio se determinó que la adsorción del agregado fino fue de 1.712 %.

**Figura 3.**

*Peso específico del A.F.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Tabla 7.**

*Grado de absorción del agregado grueso.*

Ensayo	M-1	M-2
P. material saturado superficialmente seco en aire (gr)	2500.0	2290.5
P. material saturado superficialmente seco en agua (gr)	1576.5	1446.5
Volumen de masa + volumen de vacíos (cm <sup>3</sup> )	923.5	844.0
P. del material seco en estufa (gr)	2481.0	2274.0
Volumen de masa (cm <sup>3</sup> )	904.5	827.5
% de absorción	0.766 %	0.726 %

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

En la tabla 7 se observa como en promedio se determinó que la adsorción del agregado grueso fue de 0.746 %.

**Figura 4.**

*Peso específico del A.G.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio.*

#### 4.1.4. *Peso unitario suelto del agregado finos y gruesos.*

Para calcular el peso unitario suelto del agregado fino y grueso se usó la técnica de verter el material desde 5cm por encima del recipiente y medir el peso del material.

**Tabla 8.**

*Peso unitario suelto del agregado fino.*

Ensayo	M-1	M-2	M-3
P. del material + molde (gr)	16930	16976	16912
P. del molde	8690	8690	8690
P. neto de material	8240	8286	8222
Volumen de molde	4871	4871	4871
Peso unitario suelto	1692	1701	1688
Peso unitario suelto (cm <sup>3</sup> )	1.694		

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

En la Tabla 8 se observa como en promedio se determinó que el peso unitario suelto del agregado fino fue de 1.694 cm<sup>3</sup>.

**Figura 5.**

*Peso específico del A.F.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Tabla 9.**

*Peso unitario suelto del agregado grueso.*

Ensayo	M-1	M-2	M-3
P. del material + molde (gr)	29148	29058	29001
P. del molde	8146	8146	8146
P. neto de material	21002	20912	20855
Volumen de molde	14076	14076	14076
Peso unitario suelto	1492	1486	11482
Peso unitario suelto (cm <sup>3</sup> )	1.486		

*Nota: propio del investigador en laboratorio.*

En la Tabla 9 se observa como en promedio se determinó que el peso unitario suelto del agregado grueso fue de 1.486 cm<sup>3</sup>.

**Figura 6.**

*Peso específico del A.G.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio*

#### 4.1.5. *Peso unitario compactado del agregado finos y gruesos.*

Para calcular el peso unitario compactado del agregado fino y grueso se usó la técnica de verter el material desde 5cm por encima del recipiente y medir el peso del material.

**Tabla 10.**

*Peso unitario compactado del agregado fino.*

Ensayo	M-1	M-2	M-3
P. del material + molde (gr)	17646	17477	17541
P. del molde	8690	8690	8690
P. neto de material	8956	8787	8851
Volumen de molde	4871	4871	4871
Peso unitario compactado	1839	1804	1817
Peso unitario compactado (cm <sup>3</sup> )	1.820		

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

En la Tabla 10 se observa como en promedio se determinó que el peso unitario compactado del agregado fino fue de 1.820 cm<sup>3</sup>.

**Tabla 11.**

*Peso unitario compactado del agregado grueso*

Ensayo	M-1	M-2	M-3
P. del material + molde (gr)	31018	230941	31088
P. del molde	8146	8146	8146
P. neto de material	22872	22795	22942
Volumen de molde	14076	14076	14076
Peso unitario compactado	1626	1619	1630
Peso unitario compactado (cm <sup>3</sup> )	1.625		

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

En la Tabla 11 se observa como en promedio se determinó que el peso unitario compactado del agregado grueso fue de 1.625 cm<sup>3</sup>.

**Figura 7.**

*Peso unitario compactado del agregado grueso.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio*

#### **4.1.6. Resultados de análisis granulométrico de agregado fino y grueso (ASTM - C 136).**

**Tabla 12.**

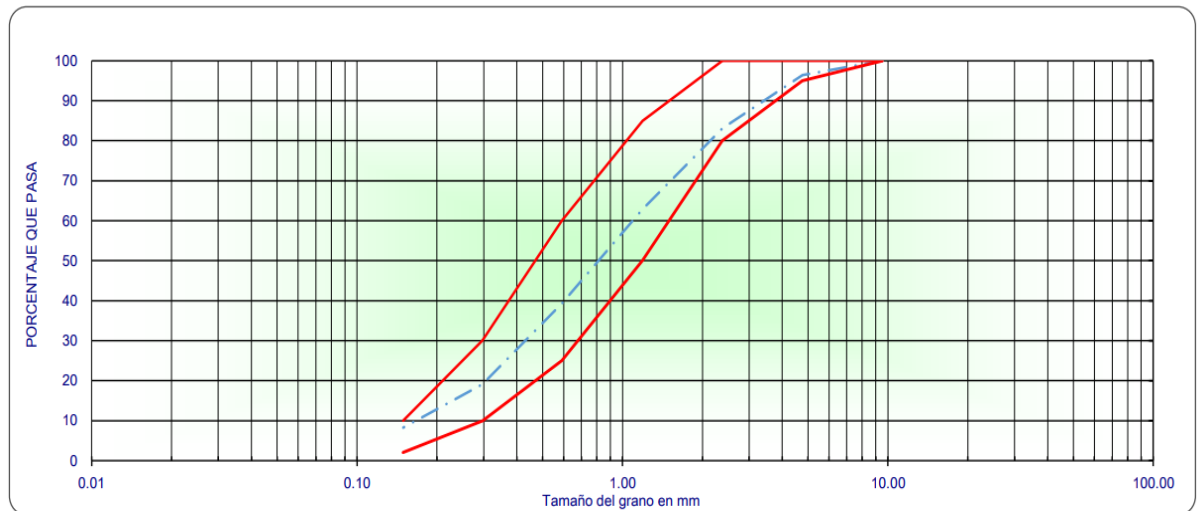
*Análisis granulométrico de agregado fino.*

Tamiz	Abertura en mm	Peso retenido	% Retenido	Retenido acumulado	Porcentaje que pasa	Especificación	Descripción de la muestra
N° 4	4.750	57.6	3.6	3.6	96.4	95 – 100	Peso inicial 1599.6 gr.
N° 8	2.380	211.7	13.2	16.8	83.2	80 - 100	
N° 10	2.000						Módulo de Finesa 2.91
N° 16	1.190	325.0	20.3	37.2	62.8	50 - 85	
N° 20	0.840						
N° 30	0.590	377.4	23.6	60.7	39.3	25 - 60	
N° 40	0.420						
N° 50	0.297	322.2	20.1	80.9	19.1	10 – 30	
N° 80	0.177						
N° 100	0.149	174.2	10.9	91.8	8.2	2 - 10	
N° 200	0.074	56.0	3.5	95.3	4.7		

*Nota: tecnología del concreto (Abanto, 2017)*

**Figura 8.**

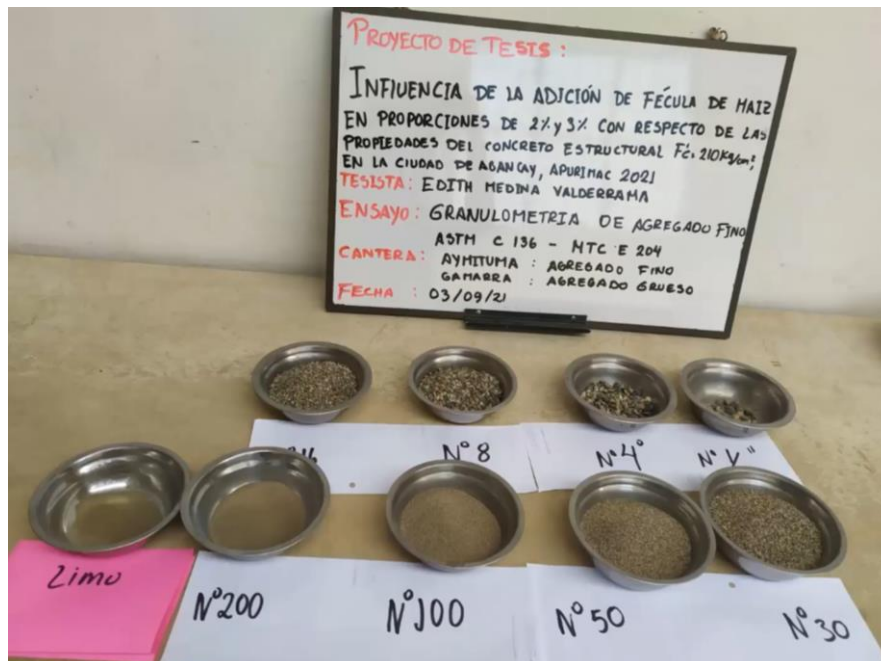
Curva granulométrica de agregado fino.



Nota: tecnología del concreto (Abanto, 2017)

**Figura 9.**

Curva granulométrica de agregado fino.



Nota: propio del investigador en laboratorio

**Tabla 13.**

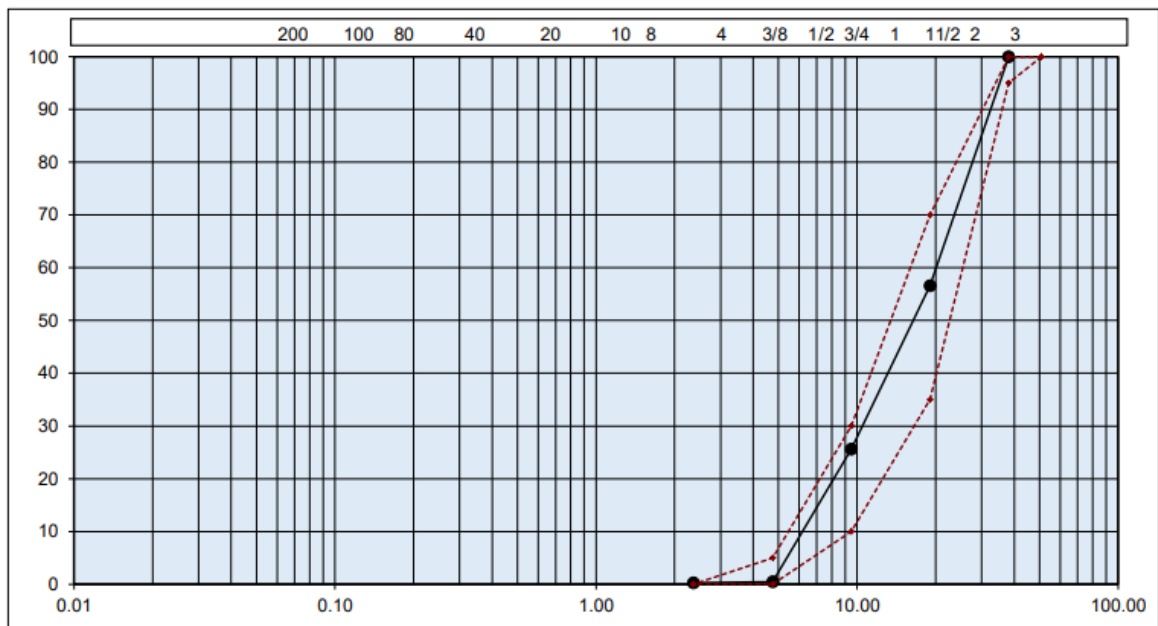
*Análisis granulométrico del agregado grueso.*

Tamiz	Abertura en mm	Peso retenido	% Retenido	Retenido acumulado	Porcentaje que pasa	Especificación	Descripción de la muestra
3"	76.200						
2"	50.800				100.0	100	Peso inicial
1 1/2"	38.100				100.0	95 – 100	15043 gr
1"	25.400	1766	11.7	11.7	88.3		
3/4"	19.050	4769	31.7	43.4	56.6	35 – 70	Modulo de finesa
1/2"	12.500	4657	31.0	74.4	25.6		7.307
3/8"	9.500	2045	13.6	88.0	12.0	10 - 30	
1/4"	6.250						
N° 4	4.750	1738	11.6	99.5	0.5		
N° 8	2.360	26	0.2	99.7	0.3		
CASUEL A FONDO		42	0.3	100.0			

Nota: *tecnología del concreto (Abanto, 2017)*

**Figura 10.**

*Curva granulométrica de agregado grueso.*



Nota: *tecnología del concreto (Abanto, 2017)*

Figura 11.

Curva granulométrica de agregado grueso.



Nota: propio del investigador en laboratorio

#### 4.1.7. Diseño de mezcla (ACI-211).

Tabla 14.

Resumen de las propiedades de los agregados.

DESCRIPCION	A. FINO	A. GRUESO
Peso específico	2631 kg/m <sup>3</sup>	2690 kg/m <sup>3</sup>
P.U. Compactado	1820 kg/m <sup>3</sup>	1625 kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad	0,07%	0,20%
Porcentaje de absorción	1,71%	0,75%
Módulo de fineza	2,91	-
Tamaño máximo	-	1"

Nota: propio del investigador en laboratorio

Tabla 15.

Características del cemento y propiedades del concreto.

CARACTERISTICAS DEL CEMENTO		
MARCA	TIPO	PESO ESPECIFICO
Yura	IP	2,85 gr/cm <sup>3</sup>

Nota: propio del investigador en laboratorio

#### 4.1.8. Resultados del SLUM de concreto patrón y con el aditivo de fécula de maíz al 2% y 3%.

Para determinar la granulometría del agregado grueso y fino se realizó un análisis granulométrico para comprobar que estuvieran dentro de la norma.

**Tabla 16.**

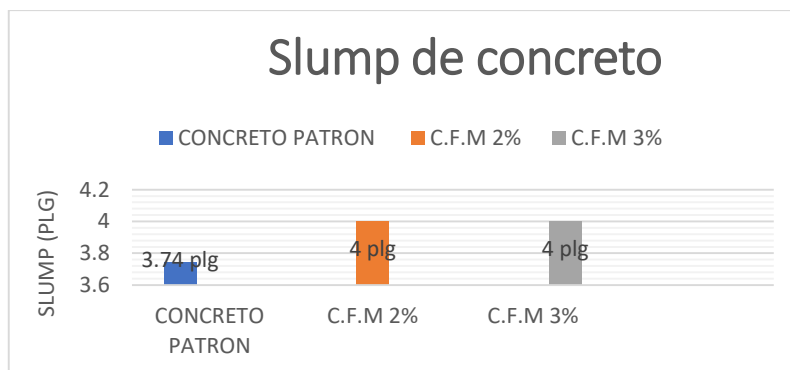
*Slump del concreto*

Slump del concreto (pulgadas)		
Concreto patrón	Fécula de maíz	
	F.M. 2%	F.M. 3%
3.74 plg	4 plg	3.78 plg

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Figura 12.**

*Slump del concreto.*



*Nota: Slump de concreto patrón, slump de concreto con fécula de maíz al 2% y concreto de con fécula de maíz al 3%, propio del investigador en laboratorio*

#### 4.1.9. Resultados de resistencia a compresión del concreto patrón

***fc=210kg/cm<sup>2</sup>, para 7 días, 14 días y 28 días***

Para poder determinar una mejor confiabilidad de los ensayos realizados, se procedió a realizar un concreto patrón con el cual comparar las resistencias con las briquetas al 2% y 3% de adición de fécula de maíz, preparadas y ensayadas de acuerdo a la norma NTP 339.034.

**Figura 13.**

*Elaboración de las muestras de briquetas y vigas en laboratorio.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Tabla 17.**

*Progreso de la compresión de concreto patrón en 7 días*

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
M1	185.80 cm <sup>2</sup>	156.98 kg/cm <sup>2</sup>
M2	182.70 cm <sup>2</sup>	153.53 kg/cm <sup>2</sup>
M3	186.30 cm <sup>2</sup>	141.74 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		150,75 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Tabla 18.**

*Progreso de la compresión de concreto patrón en 14 días*

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
M1	182.00 cm <sup>2</sup>	188,82 kg/cm <sup>2</sup>
M2	182.80 cm <sup>2</sup>	183.39 kg/cm <sup>2</sup>
M3	182.50 cm <sup>2</sup>	159.75 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		177.32 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Tabla 19.**

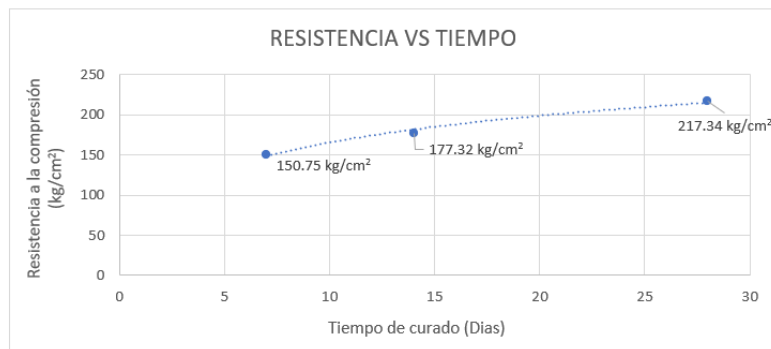
*Progreso de la compresión de concreto patrón en 28 días*

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
M1	179.00 cm <sup>2</sup>	219.09 kg/cm <sup>2</sup>
M2	181.40 cm <sup>2</sup>	224.44 kg/cm <sup>2</sup>
M3	181.00 cm <sup>2</sup>	208.48 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		217,34 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Figura 14.**

Progreso de la compresión de concreto patrón a los 7 días, 14 días y 28 días.



Nota: propio del investigador en laboratorio

#### 4.1.10. Resultados de resistencia a compresión del concreto con adición del 2% de fécula de maíz $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , para 7 días, 14 días y 28 días.

**Tabla 20.**

Progreso de la compresión de concreto al 2% a los 7 días.

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
M1	181.50 cm <sup>2</sup>	117.87 kg/cm <sup>2</sup>
M2	182.10 cm <sup>2</sup>	123.92 kg/cm <sup>2</sup>
M3	181.20 cm <sup>2</sup>	110.84 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		117.54 kg/cm <sup>2</sup>

Nota: propio del investigador en laboratorio

**Tabla 21.**

Progreso de la compresión de concreto al 2% a los 14 días.

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
M1	182.00 cm <sup>2</sup>	156.24 kg/cm <sup>2</sup>
M2	181.50 cm <sup>2</sup>	142.12 kg/cm <sup>2</sup>
M3	182.80 cm <sup>2</sup>	151.13 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		149.83 kg/cm <sup>2</sup>

Nota: propio del investigador en laboratorio

**Tabla 22.**

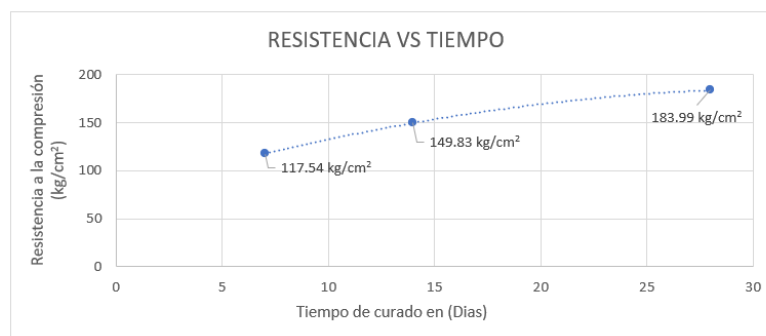
Progreso de la compresión de concreto al 2% a los 28 días.

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
M1	181.80 cm <sup>2</sup>	169.28 kg/cm <sup>2</sup>
M2	184.10 cm <sup>2</sup>	187.90 kg/cm <sup>2</sup>
M3	185.20 cm <sup>2</sup>	194.80 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		183.99 kg/cm <sup>2</sup>

. Nota: propio del investigador en laboratorio.

**Figura 15.**

Progreso de la compresión de concreto al 2% a los 7 días, 14 días y 28 días.



Nota: propio del investigador en laboratorio

#### 4.1.11. Resultados de resistencia a compresión del concreto con adición del 3% de fécula de maíz $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , para 7 días, 14 días y 28 días.

**Tabla 23.**

Progreso de la compresión de concreto al 3% a los 7 días.

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
M1	180.00 cm <sup>2</sup>	85,32 kg/cm <sup>2</sup>
M2	180.20 cm <sup>2</sup>	87,80 kg/cm <sup>2</sup>
M3	185.20 cm <sup>2</sup>	111,65kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		94.92 kg/cm <sup>2</sup>

Nota: propio del investigador en laboratorio

**Tabla 24.**

Progreso de la compresión de concreto al 3% a los 14 días.

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
M1	180.10 cm <sup>2</sup>	107.02 kg/cm <sup>2</sup>
M2	181.50 cm <sup>2</sup>	123.20 kg/cm <sup>2</sup>
M3	182.80 cm <sup>2</sup>	117.90 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		116.04 kg/cm <sup>2</sup>

Nota: propio del investigador en laboratorio

**Tabla 25.**

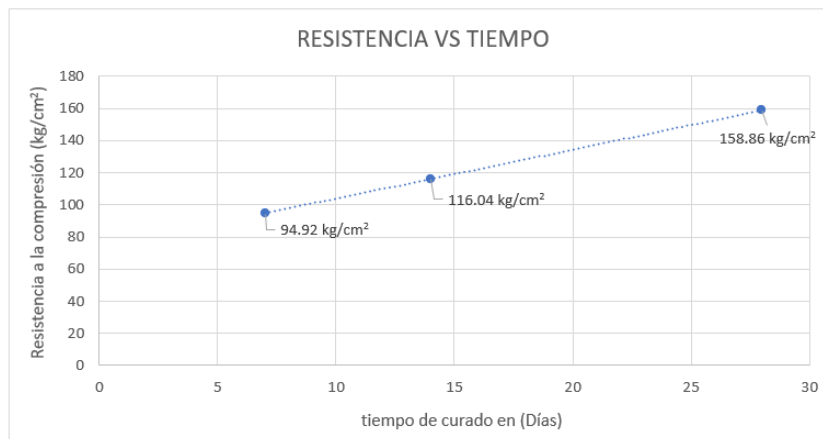
Progreso de la compresión de concreto al 3% a los 28 días.

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
M1	183.70 cm <sup>2</sup>	157.86 kg/cm <sup>2</sup>
M2	182.70 cm <sup>2</sup>	162.07 kg/cm <sup>2</sup>
M3	184.30 cm <sup>2</sup>	156.64 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		158.86 kg/cm <sup>2</sup>

Nota: propio del investigador en laboratorio

**Figura 16.**

*Progreso de la compresión de concreto al 3% a los 7 días, 14 días y 28 días.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio*

#### **4.1.12. Comparación de resistencia a compresión del concreto patrón $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , con la adición de 2% Y 3% de fécula de maíz, para 7 días, 14 días y 28 días**

Se realizó la comparativa de las resistencias a la compresión a lo largo de los períodos donde se realizaron las pruebas.

**Tabla 26.**

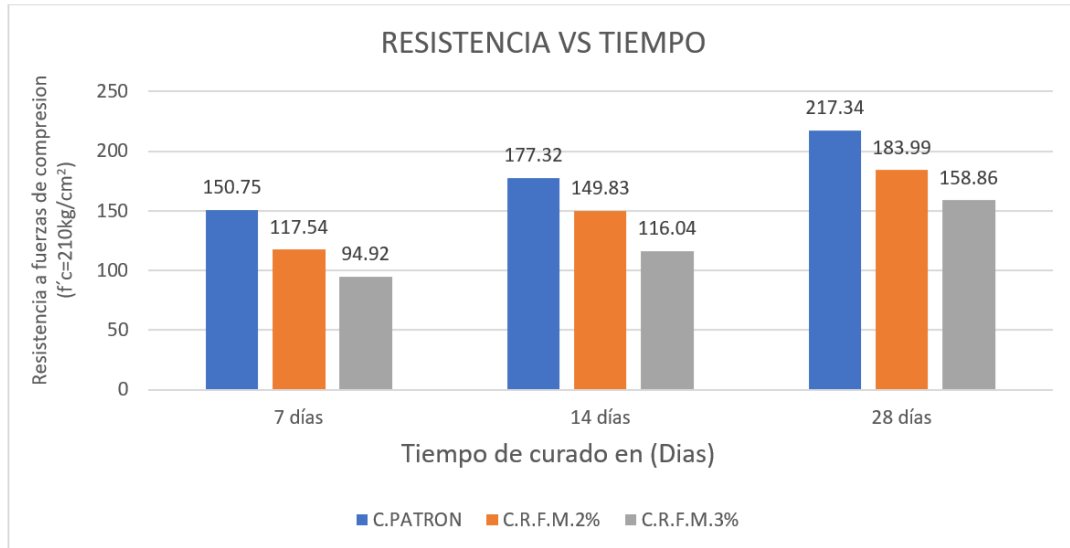
*Comparación de las resistencias a la compresión.*

DESCRIPCION	7 días	14 días	28 días
C.PATRON	150,75 kg/cm <sup>2</sup>	177.32 kg/cm <sup>2</sup>	217,34 kg/cm <sup>2</sup>
C.R.F.M.2%	117.54 kg/cm <sup>2</sup>	149.83 kg/cm <sup>2</sup>	183.99 kg/cm <sup>2</sup>
C.R.F.M.3%	94,92 kg/cm <sup>2</sup>	116.04 kg/cm <sup>2</sup>	158.86 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Figura 17.**

Comparación de las resistencias a la compresión de concreto patrón, con aditivo al 2% y aditivo al 3%.



Nota: propio del investigador en laboratorio

Nota: resumen de cuadro de resistencias a compresion de concreto patrón, concreto con aditivo al 2% y 3% de aditivo.

**Figura 18.**

Resultados de laboratorio de pruebas a compresión.



Nota: propio del investigador en laboratorio

**4.1.13. Resultados de resistencia a flexión del concreto patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ,  
para 7 días, 14 días y 28 días**

Para poder determinar una mejor confiabilidad de los ensayos realizados, se procedió a realizar un concreto patrón con el cual comparar las resistencias con las briquetas al 2% y 3% de adición de fécula de maíz, preparadas y ensayadas de acuerdo a la norma NTP 339.078.

**Tabla 27.**

*Progreso de la flexión de concreto patrón a los 7 días.*

descripción	Área de contacto	Resistencia $f'c$
C.P M1	679.50 $\text{cm}^2$	24.75 $\text{kg/cm}^2$
C.P M2	684.00 $\text{cm}^2$	21.93 $\text{kg/cm}^2$
C.P M3	684.00 $\text{cm}^2$	22.50 $\text{kg/cm}^2$
PROMEDIO =		23.06 $\text{kg/cm}^2$

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Tabla 28.**

*Progreso de la flexión de concreto patrón a los 14 días.*

descripción	Área de contacto	Resistencia $f'c$
C.P M1	679.50 $\text{cm}^2$	32.76 $\text{kg/cm}^2$
C.P M2	684.00 $\text{cm}^2$	28.95 $\text{kg/cm}^2$
C.P M3	679.50 $\text{cm}^2$	28.93 $\text{kg/cm}^2$
PROMEDIO =		30.21 $\text{kg/cm}^2$

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Tabla 29.**

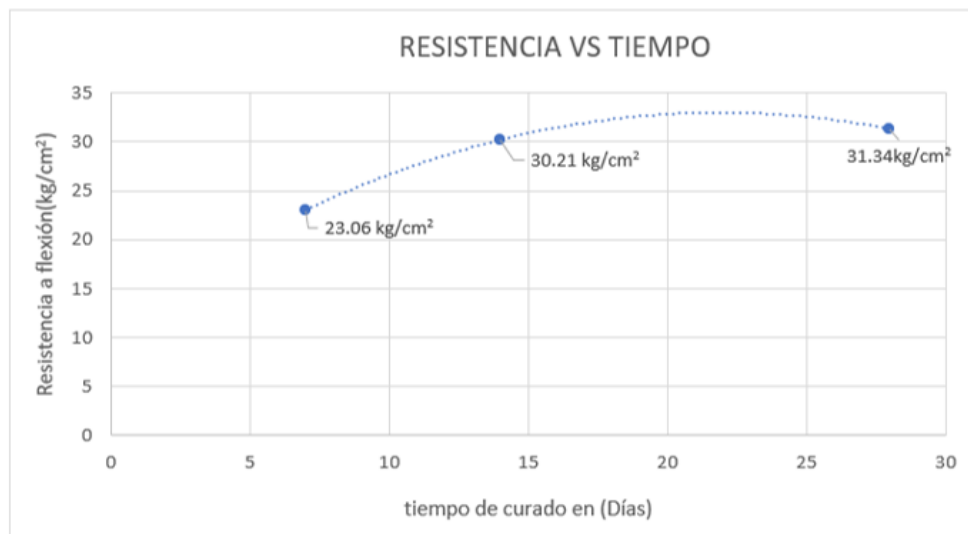
*Progreso de la flexión de concreto patrón a los 28 días.*

descripción	Área de contacto	Resistencia $f'c$
C.P M1	679.50 $\text{cm}^2$	30.49 $\text{kg/cm}^2$
C.P M2	675.00 $\text{cm}^2$	25.73 $\text{kg/cm}^2$
C.P M3	684.00 $\text{cm}^2$	37.80 $\text{kg/cm}^2$
PROMEDIO =		31.34 $\text{kg/cm}^2$

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Figura 19.**

*Progreso de la flexión de concreto patrón a los 7 días, 14 días y 28 días.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio*

#### **4.1.14. Resultados de resistencia a flexión del concreto con adición del 2% de fécula de maíz $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , para 7 días, 14 días y 28 días.**

**Tabla 30.**

*Progreso de la flexión de concreto al 2% a los 7 días.*

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
C.P M1	679.50 cm <sup>2</sup>	21.93 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M2	684.00 cm <sup>2</sup>	19.92 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M3	679.50 cm <sup>2</sup>	20.47 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		20.77 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Tabla 31.**

*Progreso de la flexión de concreto al 2% a los 14 días.*

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
C.P M1	679.50 cm <sup>2</sup>	23.72 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M2	679.50 cm <sup>2</sup>	25.45 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M3	684.00 cm <sup>2</sup>	24.18 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		24.45 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Tabla 32.**

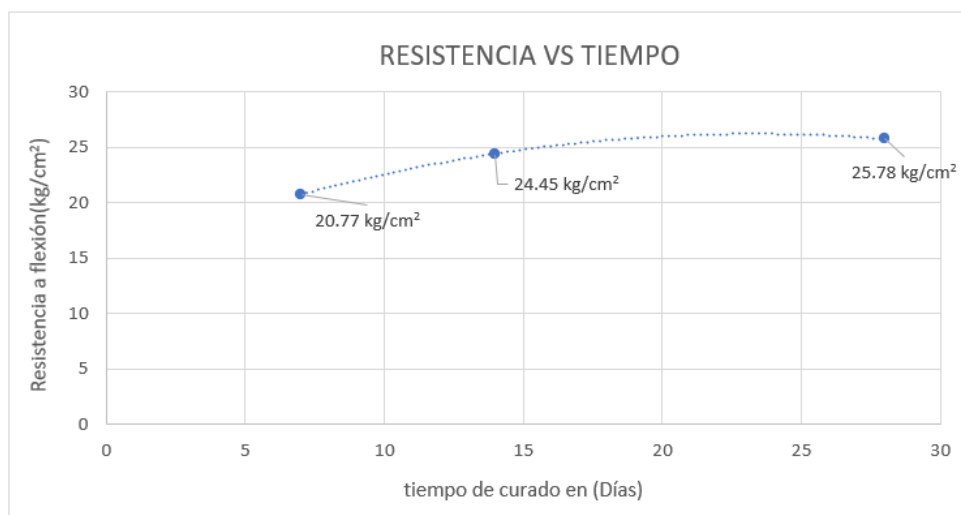
*Progreso de la flexión de concreto al 2% a los 28 días.*

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
C.P M1	684.00 cm <sup>2</sup>	27.16 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M2	684.00 cm <sup>2</sup>	25.16 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M3	684.00 cm <sup>2</sup>	25.02 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		25.78 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Figura 20.**

*Progreso de la flexión de concreto al 2% a los 7 días, 14 días y 28 días.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio*

#### **4.1.15. Resultados de resistencia a flexión del concreto con adición del 3% de fécula de maíz $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , para 7 días, 14 días y 28 días.**

**Tabla 33.**

*Progreso de la flexión de concreto al 3% a los 7 días.*

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
C.P M1	684.00 cm <sup>2</sup>	23.07 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M2	684.00 cm <sup>2</sup>	18.55 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M3	681.30 cm <sup>2</sup>	16.90 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		19.51 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Tabla 34.**

*Progreso de la flexión de concreto al 3% a los 14 días.*

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
C.P M1	684.00 cm <sup>2</sup>	20.65 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M2	684.00 cm <sup>2</sup>	21.88 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M3	684.00 cm <sup>2</sup>	22.79 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		21.77 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Tabla 35.**

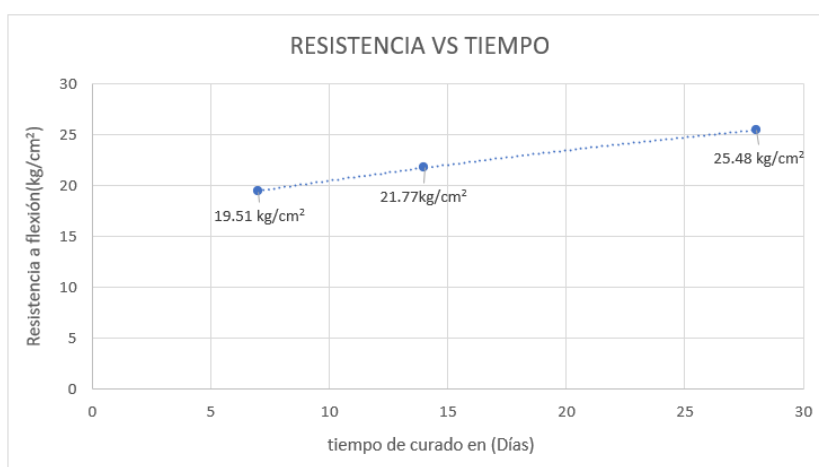
*Progreso de la flexión de concreto al 3% a los 28 días.*

descripción	Área de contacto	Resistencia f'c
C.P M1	679.50 cm <sup>2</sup>	23.95 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M2	679.50 cm <sup>2</sup>	24.37 kg/cm <sup>2</sup>
C.P M3	684.00 cm <sup>2</sup>	28.13 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO =		25.48 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Figura 21.**

*Progreso de la flexión de concreto 3% a los 28 días.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio*

#### **4.1.16. Comparación de resistencia a flexión del concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , con la adición de 2% Y 3% de fécula de maíz, para 7 días, 14 días y 28 días**

Se realizó la comparativa de las resistencias a la flexión a lo largo de los períodos donde se realizaron las pruebas.

**Tabla 36.**

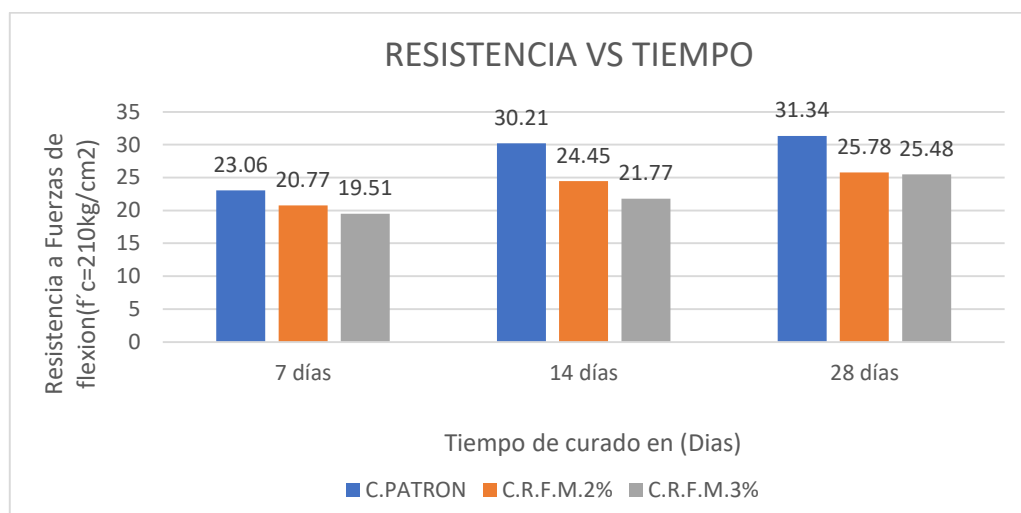
*Comparación de las resistencias a la flexión.*

DESCRIPCION	7 días	14 días	28 días
C.PATRON	23.06 kg/cm <sup>2</sup>	30.21 kg/cm <sup>2</sup>	31.34 kg/cm <sup>2</sup>
C.R.F.M.2%	20.77 kg/cm <sup>2</sup>	24.45 kg/cm <sup>2</sup>	25.78 kg/cm <sup>2</sup>
C.R.F.M.3%	19.51 kg/cm <sup>2</sup>	21.77 kg/cm <sup>2</sup>	25.48 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Figura 22.**

*Comparación de resistencias a flexión de concreto a los 7 días, 14 días y 28 días de curado.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio*

**Figura 23.**

*Pesos resultados de pruebas a flexión en laboratorio.*



*Nota: propio del investigador en laboratorio*

## 4.2 Prueba de hipótesis

### Prueba de la primera hipótesis específica:

Ha: La adición de 2% de fécula de maíz mejora significativamente las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay- Apurímac 2021.

Ho: La adición de 2% de fécula de maíz no mejora significativamente las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay- Apurímac 2021.

En la Tabla 37 se determinó que al usar la prueba de normalidad propuesta por Shapiro-Wilk para muestras menores de 50 unidades, que los resultados obtenidos para las medidas determinadas de la resistencia a la compresión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de 2% de fécula de maíz a los 28 días, son paramétricos ya que ambos valores superan el rango de 0.05 de significancia.

**Tabla 37.**

*Normalidad de los resultados de compresión al 2% de fécula de maíz.*

	Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
Patrón	0,965	3	0,641
2% de adición	0,929	3	0,484

*Nota: propio del investigador*

En la tabla 38 se describe la prueba estadística correspondiente a los datos paramétricos, la cual es la prueba T de student.

**Tabla 38.**

*Prueba T de Student para la compresión al 2% de fécula de maíz.*

Prueba T de Student					
	N	Media	Mediana	Desviación estándar	Media de error estándar
Antes	3	217	219	8.12	4.69
Después	3	184	188	13.2	7.62

Nota: *propio del investigador*

En la Tabla 39 se observa que la significancia determinada por la prueba de T de Student es mayor a 0,05 se acepta la hipótesis nula, por lo que se puede afirmar que la adición de 2% de fécula de maíz no influyó positivamente en la resistencia a la compresión del concreto estructural.

**Tabla 39.**

*Prueba de muestras emparejadas (T de Student) al 2%.*

<b>Prueba de muestras emparejadas</b>				
			<b>Estadística</b>	<b>p</b>
Antes	Después	T de Student	3.16	0,087

Nota: *propio del investigador*

En la Tabla 40 se determinó que al usar la prueba de normalidad propuesta por Shapiro-Wilk para muestras menores de 50 unidades, que los resultados obtenidos para las medidas determinadas de la resistencia a la flexión con adición de 2% de fécula de maíz a los 28 días, son paramétricos ya que ambos valores superan el rango de 0.05 de significancia.

**Tabla 40.**

*Normalidad de los resultados de flexión al 2% de fécula de maíz.*

	<b>Estadístico</b>	<b>Shapiro-Wilk</b>	
		<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
Patrón	0,985	3	0,799
2% de adición	0,768	3	0,112

Nota: *propio del investigador*

En la tabla 41 se describe la prueba estadística correspondiente a los datos paramétricos, la cual es la prueba T de student.

**Tabla 41.**

*Prueba T de Student para la flexión al 2% de fécula de maíz.*

Prueba T de Student					
	N	Media	Mediana	Desviación estándar	Media de error estándar
Antes	3	31.3	30.5	6.08	3.51
Después	3	25.8	25.2	1.20	0.691

*Nota: propio del investigador*

En la Tabla 42 se observa que la significancia determinada por la prueba de T de Student es mayor a 0,05 se acepta la hipótesis nula, por lo que se puede afirmar que la adición de 2% de fécula de maíz no influyó positivamente en la resistencia a la flexión del concreto estructura.

**Tabla 42.**

*Prueba de muestras emparejadas (T de Student) al 2%.*

Prueba de muestras emparejadas				
			Estadística	p
Antes	Después	T de Student	1.50	0,271

*Nota: propio del investigador*

**Prueba de la segunda hipótesis específica:**

Ha: La adición de 3% de fécula de maíz mejora significativamente las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay- Apurímac 2021.

Ho: La adición de 3% de fécula de maíz no mejora significativamente las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay- Apurímac 2021.

En la Tabla 43 se determinó que al usar la prueba de normalidad propuesta por Shapiro-Wilk para muestras menores de 50 unidades, que los resultados obtenidos para las medidas determinadas de la resistencia a la compresión del concreto estructural con adición de 3% de fécula de maíz a los 28 días, son paramétricos ya que ambos valores superan el rango de 0.05 de significancia.

**Tabla 43.**

*Normalidad de los resultados de compresión al 3% de fécula de maíz.*

	<b>Estadístico</b>	<b>Shapiro-Wilk gl</b>	<b>Sig.</b>
Patrón	0,985	3	0,768
3% de adición	0,825	3	0,174

*Nota: propio del investigador*

En la tabla 44 se describe la prueba estadística correspondiente a los datos paramétricos, la cual es la prueba T de student.

**Tabla 44.**

*Prueba T de Student para la compresión al 3% de fécula de maíz.*

	<b>Prueba T de Student</b>				
	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Media de error estándar</b>
Antes	3	31.3	30.5	6.08	3.51
Después	3	25.5	24.4	2.30	1.33

*Nota: propio del investigador*

En la Tabla 45 se observa que la significancia determinada por la prueba de T de Student es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede afirmar que la adición de 3% de fécula de maíz influyó positivamente en la resistencia a la compresión del concreto estructural.

**Tabla 45.**

*Prueba de muestras emparejadas (T de Student) al 3%.*

<b>Prueba de muestras emparejadas</b>				
			<b>Estadística</b>	<b>p</b>
Antes	Después	T de Student	17.5	0,003

*Nota: propio del investigador*

En la Tabla 46 se determinó que al usar la prueba de normalidad propuesta por Shapiro-Wilk para muestras menores de 50 unidades, que los resultados obtenidos para las medidas determinadas de la resistencia a la flexión del concreto estructural con adición de 3% de fécula de maíz a los 28 días, son paramétricos ya que ambos valores superan el rango de 0.05 de significancia.

**Tabla 46.**

*Normalidad de los resultados de flexión al 3% de fécula de maíz.*

		<b>Estadístico</b>	<b>Shapiro-Wilk</b>	<b>Sig.</b>
			<b>gl</b>	
Patrón		0,985	3	0,768
3% de adición		0,825	3	0,174

*Nota: propio del investigador*

En la tabla 47 se describe la prueba estadística correspondiente a los datos paramétricos, la cual es la prueba T de student.

**Tabla 47.**

*Prueba T de Student para la flexión al 3% de fécula de maíz.*

<b>Prueba T de Student</b>					
	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Media de error estándar</b>
Antes	3	31.3	30.5	6.08	3.51
Después	3	25.5	24.4	2.30	1.33

*Nota: propio del investigador*

En la Tabla 48 se observa que la significancia determinada por la prueba de T de Student es mayor a 0,05 se acepta la hipótesis nula, por lo que se puede afirmar que la adición de 3% de fécula de maíz no influyó positivamente en la resistencia a la flexión del concreto estructural.

**Tabla 48.**

*Prueba de muestras emparejadas (T de Student) al 3%.*

Prueba de muestras emparejadas			Estadística	p
Antes	Después	T de Student	2.42	0,137

Nota: *propio del investigador*

### 4.3 Discusión de resultados

El concreto producido con la adición de fécula de maíz tuvo resultados adversos, por lo que se procede a analizar dichos resultados con los otros autores citados en los antecedentes.

Reina y Pincay (2022) obtuvieron que con la adición de tales fibras se evalúa una menor comprensión y resistencia al incorporar un 2% aunque alcanzan la resistencia necesaria tras 28 días desde la adición. Mientras que la resistencia flexión se incrementa un 10.27% en aquellos hormigones sin reforzar en contraste con el 13.78% más que se alcanzó en aquella sin reforzar. Por otro lado, con la adición de fécula de maíz, la resistencia a la flexión del concreto se reduce a los 28 días un 17.74% al 2% de adición y un 26.82% al 3% de adición, lo que implica que en ambos estudios no se recomienda su aplicabilidad ya que no llega a los estándares mínimos planteados según el diseño del concreto.

González y Proaño (2022) hallaron una disminución notable de la resistencia a compresión del hormigón hasta en un 29%, 50% y 65% acorde al porcentaje de adición respectivamente tras un plazo de análisis de 28 días. De igual forma, con la adición de fécula de maíz, la resistencia a la compresión del concreto se reduce a los 28 días un 15.20% al 2% de adición y un 26.82% al 3% de adición, lo que implica que en ambos

estudios no se recomienda su aplicabilidad ya que no llega a los estándares mínimos planteados según el diseño del concreto.

Chávez et al. (2018) observaron que la trabajabilidad disminuye en un 15% ya que se ha de tratar con revenimientos altos para asegurar la fluidez de la pasta de hormigón; de igual manera, la resistencia no dio los resultados esperados puesto que se disminuyó la misma a pesar de incluir contenidos mínimos de fibras. En el caso de la presente investigación se observó que en la formulación inicial se perdió fluidez ya que la fécula de maíz tiende a absorber más agua de la composición lo que elimina toda trabajabilidad de la mezcla.

Virguez (2018) observó una mejora en los costos al reducirse en un 3.3% en el costo de construcción gracias a la fibra sintética y un 1.2% gracias a la adición de fibra metálica. No obstante, esta última es limitada pues tiene una menor resistencia en contraste con la fibra sintética. En el caso de la presente investigación puede asumirse que al reemplazar 2% o 3% de la mezcla por fécula de maíz (maicena) esta tiene un menor costo proporcional que la mezcla de cemento y agregados, por lo que, si bien el costo de fabricación podría reducirse a gran escala de producción, se coincide con el autor en que la resistencia a la compresión y flexión sería menor que el de un diseño tradicional.

Cadillo y Mozo (2021) demostró que se obtiene una mejor resistencia en el concreto mediante la adición del 5% de piritá al alcanzar una compresión de  $454 \text{ kg/cm}^2$  y una flexión de  $50.4 \text{ kg/cm}^2$  al haberlo evaluado 28 días posterior a su aplicación, momento en el cual se alcanza la máxima resistencia posible. El autor obtuvo resultados opuestos al de la presente investigación ya que la resistencia a la compresión y flexión a los 28 días se vieron reducidas alcanzando un punto mínimo en ese plazo por la adición de fécula de maíz en la formulación del concreto.

Rojas y Cuenca (2021) evidenciaron que respecto a la resistencia a la flexión se mostró una mejora de 37.15% (en el caso de la adición del 2%), de 41.33% (en el caso de la adición del 5%) y de 45.88% (en el caso de la adición del 7%), en los primeros

siete días de dicha adición; valores que subieron al 45%, 46.09% y 48.60% correspondientemente luego de catorce días, y finalmente, los valores incrementaron al 53.94%, 54.92% y 54.96% luego de veintiocho días. Por otro lado, con la adición de fécula de maíz, la resistencia a la flexión del concreto se reduce a los 28 días un 17.74% al 2% de adición y un 26.82% al 3% de adición, lo que implica que en ambos estudios no se recomienda su aplicabilidad ya que no llega a los estándares mínimos planteados según el diseño del concreto.

Cherre y Sandoval (2019) determinaron que existió un aumento en la resistencia a la compresión del concreto con la sustitución con cenizas de rastrojo de maíz, siendo que la mayor resistencia se obtuvo con la formulación del 3%, aunque se tuvo ciertos inconvenientes con la trabajabilidad de la mezcla cuando estaba en un estado fresco debido al asentamiento de la misma. Por otro lado, en la presente investigación no se determinó mejora debido a la sustitución, pero de igual forma se detectaron problemas en la trabajabilidad, sin embargo, esta fue debido a la falta de agua por la absorción que la fécula de maíz provocaba al fabricar el concreto.

Medina (2022) evidenció que sí existe una influencia en el caso del agregado a 50% y 75%, mas no respecto al 25%. De igual forma en el presente estudio se evidencia que existe una influencia de la adición de fécula de maíz en las resistencias a la compresión y flexión del concreto formulado, tanto para el 2% de adición como para el 3%, sin embargo, esta influencia es negativa, por lo que no se recomienda su aplicabilidad.

Flores y Ostos (2019) concluyó que la resistencia a compresión mejora en un 4% y 6% con la adición de fibra de acero y fibra de vidrio respectivamente; no obstante, la trabajabilidad se ve disminuida. Mientras que, en el caso de la presente investigación se concluye que con la adición de fécula de maíz ni la trabajabilidad ni las propiedades mecánicas del concreto mejoran.

## Conclusiones

Se determinó que utilizando agregado fino de la cantera Aymituma y agregado grueso de la cantera Gamarra, cemento Yura IP y agua potable, se evaluaron los efectos del almidón de maíz al 2% y 3% en relación a las características del concreto estructural ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ). En general, se concluye que la adición de almidón de maíz afecta a las propiedades del hormigón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Figura 17 (pág. 53) y Figura 22 (pág. 58), ya que se confirmó que cuanto mayor es la cantidad de almidón de maíz, menos consistente es el material y menos resistente es a las fuerzas de flexión y compresión.

Se analizó que la influencia de la adición de 2% de fécula de maíz en las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , sí influye en el comportamiento, sin embargo esta fue negativa para dichas propiedades, ya que se redujeron significativamente a la edad de 28 días, obteniéndose una resistencia a compresión de 15.34% menor a lo esperado al 2% de sustitución y un valor de resistencia a flexión 17.74% menor a lo esperado al 2% de adición, esto en comparación a la muestra patrón del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días. Figura 17(pág. 53) y Figura. 22(pág. 58).

Se analizó que la influencia de la adición de 3% de fécula de maíz en las propiedades de compresión y flexión del concreto estructural  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , sí influye en el comportamiento de las propiedades, sin embargo esta fue negativa para dichas propiedades, ya que se redujeron significativamente a la edad de 28 días, obteniéndose una resistencia a compresión de 26.9% menor a lo esperado al 3% de sustitución y un valor de resistencia a flexión 18.7% menor a lo esperado al 3% de adición, esto en comparación a la muestra patrón del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días. Figura 17(pág. 53) y Figura. 22(pág. 58).

### **Recomendaciones**

Extender el período de observación de las propiedades del concreto para evaluar su durabilidad a lo largo del tiempo. La inclusión de pruebas de resistencia después de ciertos períodos (por ejemplo, 28 días, 90 días, 180 días) proporcionaría una visión más completa de la efectividad de la fécula de maíz como aditivo.

Una vez observado los resultados de la adición de fécula de maíz al 2% al concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay-Apurímac 2021. se recomienda una reformulación en el diseño de la mezcla con aditivo plastificante, para mantener la humedad necesaria en el concreto fresco, ya que la fécula de maíz tiene la propiedad de absorber agua.

Una vez observado los resultados de la adición de fécula de maíz al 3% al concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la ciudad de Abancay-Apurímac 2021. se recomienda una reformulación en el diseño de la mezcla con aditivo plastificante, para mantener la humedad necesaria en el concreto fresco, ya que la fécula de maíz tiene la propiedad de absorber agua.

Incluir ensayos adicionales con diferentes porcentajes de fécula de maíz, más allá del 2% y 3%, con el fin de analizar la relación dosis-respuesta y identificar posibles umbrales de influencia.

Se recomienda profundizar en estudios respecto de los fluidos no newtoniano con fécula de maíz y sus posibles usos en la ingeniería civil.

## Referencias

- Alves, I., Del Nery, V., Pozzi, E., Marcia, R., y Pires, E. (2018). Determinación de la distribución del diámetro de los gránulos a partir de lodos biológicos. *MethodsX*, 5, 727–736. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2018.06.002>
- Benavente, K., y Mamani, J. (2017). Determinación de los rendimientos reales en partidas incidentes para obras de pavimento rígido en la ciudad de Juliaca [Universidad Peruana Unión]. In *Universidad Peruana Unión*. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/399>
- Bermúdez, W. (2019). *Influencia de educación ambiental en la gestión de residuos sólidos en la institución educativa Víctor Reyes Roca distrito de Luyando* [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1585>
- Cadillo, A., y Mozo, E. (2021). Influencia de la adición del mineral pirita en la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y asentamiento de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> para cimentaciones, Trujillo 2020. In *Universidad Privada del Norte*. Universidad Privada del Norte.
- Cajiao, E., Bustamante, L., Cerón, A., y Villada, H. (2016). Efecto de la Gelatinización de Harina de Yuca sobre las Propiedades Mecánicas, Térmicas y Microestructurales de una Matriz Moldeada por Compresión. *Información Tecnológica*, 27(4), 53–62. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400006>
- Carita, D. (2016). *Obtención del ácido bórico a partir del mineral de ulexita* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1884>
- Castillo, R., Antoni, M., Alujas, A., Scrivener, K., y Martirena, J. (2011). Estudio de la adición de arcillas calcinadas en la durabilidad de hormigones. *Revista Ingeniería de Construcción*, 26(1), 25–40. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732011000100002>
- Chávez, C., Chara, P., Alarcón, M., y Fois, M. (2018). Influencia de la fibra de acero en el control de la tenacidad del hormigón simple. *RECIMUNDO: Revista Científica de La Investigación y El Conocimiento*, 2(2), 209–235.

[https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.209-235](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.209-235)

Cherre, D., y Sandoval, I. (2019). Influencia de las cenizas de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de  $F'c=210\text{kg/cm}^2$  [Universidad Nacional de Piura]. In *Universidad Nacional de Piura / UNP*. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2201>

Esparza, J. (2021). Clasificación y afectación por residuos sólidos urbanos en la ciudad de La Plata. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 37, 357–371. <https://doi.org/10.20937/RICA.53758>

Fernández, A., y Palomo, Á. (2009). Propiedades y aplicaciones de los cementos alcalinos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 24(3). <https://doi.org/10.4067/S0718-50732009000300001>

Flores, C., y Ostos, E. (2019). Análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019. In *Universidad Tecnológica de los Andes*. Universidad Tecnológica de los Andes.

Fuel, M., Gualpa, G., y Echevarría, I. (2018). Utilidad de amilasa y lipasa en diagnóstico y tratamiento de dolor abdominal agudo. *Química Central*, 6(1), 11–19. <https://doi.org/10.29166/quimica.v6i1.1411>

González, L., y Proaño, P. (2022). *Análisis técnico y económico, empleando ladrillo triturado reciclado como agregado grueso, para hormigones con resistencia a la compresión de 180 y 210 kg/cm<sup>2</sup>*. Universidad Politécnica Salesiana.

Guevara, G., Hidalgo, C., Pizarro, M., Rodríguez, I., Rojas, L., y Segura, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Revista Tecnología En Marcha*, 25(2), 80. <https://doi.org/10.18845/tm.v25i2.1632>

Hernández, R., Collado, F., y Baptista, L. (2017). *Alcance de la investigación*. [http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/2792/510\\_06\\_color.pdf?sequence=1](http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/2792/510_06_color.pdf?sequence=1)

Horn, M. (2006). El estado actual del uso de la energía solar en el Perú. *Perúeconómico*,

- 24(11), 10–11. <http://fc.uni.edu.pe/mhorn/Energia solar en Peru perueconomico.pdf>
- Lima, H., y Landucci, F. (2021). *Elaboración de Hormigones de resistencias de 210 y 350 kg/cm<sup>2</sup> con incorporación de Tereftalato de Polietileno (pet)*. Universidad de Guayaquil - Facultad Ciencias Matemáticas y Físicas- Carrera de Ingeniería Civil.
- Mas, J., y Kirschbaum, C. (2012). Estudios de resistencia a la compresión en bloques de suelo-cemento. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente - AVERMA*, 16(0), 77–84. <http://portalderevistas.unsa.edu.ar/ojs/index.php/averma/article/view/2145>
- Masoliver, G., Pérez, M., y López, P. (2017). Modelo experimental para estimar la viscosidad de fluidos no newtonianos: ajuste a expresiones matemáticas convencionales. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1), 5. <https://doi.org/10.4995/msel.2017.5901>
- Masseck, T. (2018). Economía circular en el sector de la construcción. *UPCommons*. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/130254/CONAMA\\_Economia\\_circular\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/130254/CONAMA_Economia_circular_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Medina, A. (2022). *Influencia de la incorporación de agregado grueso de concreto reciclado, en las propiedades mecánicas a compresión y flexión del concreto f'c=210 kg/cm<sup>2</sup> - Abancay 2021*. PE.
- Montes, J., y Pérez, R. (2021). *La investigación científica y sus elementos constitutivos*.
- MVCS. (2021). *Código Técnico de Construcción Sostenible*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1934704/Código - CTCS .pdf>
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., y Romero, H. (2018). *Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5th ed.). Ediciones de la U.
- Pérez, B., y Echeberria, J. (2019). Influencia de los abrasivos y el grafito en el procesamiento y las propiedades de los materiales de fricción metálicos sinterizados. *Heliyon*, 5(8), e02311. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02311>
- Reina, S., y Pincay, P. (2022). *Influencia de la fibra de Tereftalato de Polietileno (PET) en losas de pavimento rígido aplicando resistencias 210 y 350 kg/cm<sup>2</sup>*. Universidad de Guayaquil - Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas - Carrera de Ingeniería Civil.
- Remigio, R. (2021). *Diseño de mezclas de concreto para obras pequeñas* (1ra Edició). Servicio

- Nacional de Aprendizaje (SENA).  
[https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7189/diseño\\_mezclas\\_concreto\\_obras\\_pequeñas.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7189/diseño_mezclas_concreto_obras_pequeñas.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Rodriguez, L., y Meza, C. (2018). La construcción sostenible frente a la mitigación del cambio climático. *Módulo Arquitectura CUC*, 21(1), 9–22.  
<https://doi.org/10.17981/MODUCUC.21.1.2018.01>
- Rojas, O., y Cuenca, G. (2021). Análisis de la resistencia a flexión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con adición de ceniza de cáscara de papa, Huaraz 2021. In *Repositorio Institucional - UCV*. Universidad César Vallejo.
- SEDAPAL. (2016). *Especificación técnica de obras de concreto*.  
<https://www.sedapal.com.pe/storage/objects/ctps-et-007-obras-de-concreto.pdf>
- Segura, Y., Borrachero, M., Monzó, J., y Payá, J. (2016). Estudios preliminares de cemento hidratado para su reutilización en geopolímeros. *DYNA*, 83(196), 229–238.  
<https://doi.org/10.15446/dyna.v83n196.54189>
- Tamás, F., Abonyi, J., y Puertas, F. (2001). Clasificación de clínkeres basándose en sus elementos traza. Aplicación a clínkeres españoles. *Materiales de Construcción*, 51(263–264), 85–96. <https://doi.org/10.3989/mc.2001.v51.i263-264.355>
- Torres, L. (2020). Adición del vidrio molido reciclado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto estructural  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> - 2020. In *Repositorio Institucional - UCV*. Universidad César Vallejo.
- Vélez, S. (2021). Calidad de las tesis con enfoque cuantitativo en los posgrados de Enfermería de la Universidad de Cuenca, de 1993 al 2006. *South American Research Journal*, 11–19. <https://www.sa-rj.net/index.php/sarj/article/view/2>
- Virguez, D. (2018). *Evaluación de concreto dúctil a través de la inclusión de fibras metálicas y sintéticas para uso en estructuras*. Universidad Santo Tomás .
- Zeballos, J. (2020). *Gestión de la calidad para optimizar los procesos de fabricación de un concreto económico en la construcción informal de la ciudad de Arequipa, 2018* [Universidad Nacional San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10502>

- ASTM International. (2013). *Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*. ASTM C29/C29M-17. Recuperado de [enlace a la norma ASTM, si es accesible en línea].
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete*. Prentice Hall.
- Craig, R. F. (2012). *Soil Mechanics*. CRC Press.
- ACI Committee 212. (2010). *"Informe del Comité ACI 212 sobre Aditivos para Concreto"*.
- ACI Committee 232. (2009). *"Informe del Comité ACI 232 sobre Pruebas de Concreto"*.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *"Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches."*
- ACI Committee 212. (2010). *"Informe del Comité ACI 212 sobre Aditivos para Concreto"*.
- Neville, A. M. (2011). *"Propiedades del concreto"*.
- Karl Popper (1959). *"The Logic of Scientific Discovery"*
- Van de Ven, A. H. (2007) en su trabajo *"Engaged Scholarship: A Guide for Organizational and Social Research"*
- Carlos Sabino (1992) en su trabajo: *"El proceso de investigación"*