

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



TESIS:

“Determinación de la resistencia a compresión axial del concreto estructural $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ integrando a la mezcla como aditivo natural el mucílago de penca de tuna en la ciudad de Abancay, 2022”

Presentado por:

Bach. ASTRID AMBAR VALVERDE CORTEZ

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Abancay – Apurímac – Perú

2023

Tesis:

“Determinación de la resistencia a compresión axial del concreto estructural $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ integrando a la mezcla como aditivo natural el mucílago de penca de tuna en la ciudad de Abancay, 2022”

Línea de investigación:

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible

Asesor:

Ph.D. Abbon Álex Vásquez Ramírez



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DEL
CONCRETO ESTRUCTURAL $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ INTEGRANDO A LA MEZCLA
COMO ADITIVO NATURAL EL MUCÍLAGO DE PENCA DE TUNA EN LA
CIUDAD DE ABANCAY, 2022”**

Presentado por el Bach. **ASTRID AMBAR VALVERDE CORTEZ**, para optar el
título profesional de: **INGENIERO CIVIL.**

Sustentado y aprobado el 05 de abril del 2023 ante el jurado:

Presidente	: Mg. Wilfredo Soto Palomino
Primer miembro	: Ing. Edilberto Gálvez Barrientos
Segundo miembro	: Ing. Mauro Samuel Altamirano Camacho
Asesor	: PhD. Abbon Álex Vásquez Ramírez

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar hasta aquí y por guiarme por el camino correcto, porque nunca me ha abandonado y ha llenado mi corazón de luz para cumplir esta meta.

A mi madre y a mi padre, quienes siempre han apoyado mis decisiones, estudiar ingeniería civil, ha sido un gran orgullo para mis padres, siempre me han impulsado y han sido incondicionales a lo largo de mi formación profesional, la cual considero que aún sigo en proceso, porque hay aún mucho por aprender, muchas experiencias por vivir y muchas cosas por compartir.

A todos mis familiares, que por el aprecio que me tienen, estuvieron cada año al pendiente de la elaboración de esta tesis, sé que esperan con muchas ansias el día en que culmine esta etapa para poder compartir la alegría de este triunfo.

A mi asesor, que desde el primer día que me entrevisté con su persona, me motivó y me levantó la moral, incentivándome a que inmediatamente iniciara con la tesis, un profesional respetable quien me dedicó su tiempo para la ejecución de esta tesis.

A todos aquellos estudiantes que opten por estudiar esta carrera, decirles que no será un camino fácil pero tampoco difícil, esta carrera es un reto y tiene hermosas etapas. Nunca se rindan, siempre tomen los consejos que los impulsen y los lleven a ser grandes y las críticas tómenlas para demostrar que son capaces de todo, si se lo proponen, porque los límites los ponemos nosotros mismos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme seguir compartiendo aquí en la tierra, experiencias de vida y mucho aprendizaje.

A mi madre y a mi padre por su apoyo incondicional y por su constancia al impulsarme para culminar esta bonita etapa que pasará a ser mi primer título profesional.

A mi asesor de tesis por haberme abierto las puertas de su asesoramiento y conocimientos, al mismo que siempre estaré agradecida por su paciencia, sus recomendaciones, sus consejos y sus palabras emotivas que hace que un estudiante se sienta motivado e impulsado para poder iniciar con su investigación, es una persona admirable y muy profesional en su trabajo, estaré eternamente agradecida por haberlo conocido, una de las decisiones más importantes que tuve en mi vida y que considero especial ha sido solicitar su asesoramiento, ya que gracias a él he podido llevar a cabo esta etapa importante como es la elaboración de la tesis.

A toda la plana de docentes que estuvieron a lo largo de mi formación académica de la Escuela Profesional y me compartieron sus conocimientos profesionales.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
POSTPORTADA.....	ii
PÁGINA DE JURADOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ACRÓNIMOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN	xx
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Realidad problemática	1
1.2 Planteamiento del problema	4
1.2.1 <i>Formulación del problema</i>	4
1.2.2 <i>Problema general</i>	4
1.2.3 <i>Problemas específicos:</i>	4
1.3 Justificación de la investigación	5
1.4 Objetivos de la investigación.....	6
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	6

1.4.2	<i>Objetivos específicos:</i>	6
1.5	Delimitación de la investigación	6
1.5.1	<i>Espacial</i>	6
1.5.2	<i>Temporal</i>	7
1.5.3	<i>Social</i>	7
1.5.4	<i>Conceptual</i>	7
1.6	Viabilidad de la investigación	7
1.7	Limitaciones	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		9
2.1	Antecedentes de investigación	9
2.1.1	<i>A nivel internacional</i>	9
2.1.2	<i>A nivel nacional</i>	13
2.1.3	<i>A nivel regional y local</i>	16
2.2	Bases teóricas	18
2.2.1	<i>El concreto</i>	18
2.2.2	<i>Penca de tuna</i>	40
2.2.3	<i>Diseño de mezclas</i>	43
2.2.4	<i>Ensayos de laboratorio</i>	50
2.3	Marco conceptual	51
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....		55
3.1	Hipótesis.....	55
3.1.1	<i>Hipótesis general</i>	55

3.1.2	<i>Hipótesis específicas:</i>	55
3.2	Método.....	55
3.3	Tipo de investigación	56
3.4	Nivel o alcance de investigación	56
3.5	Diseño de la investigación	56
3.6	Operacionalización de las variables	56
3.7	Población, muestra y muestreo.....	58
3.8	Técnica e instrumentos	60
3.9	Consideraciones éticas	62
3.10	Procedimiento estadístico.....	62
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		65
4.1	Resultados.....	65
4.1.1	<i>A nivel de la variable independiente</i>	65
4.1.2	<i>A nivel de la variable dependiente</i>	89
4.2	Discusión de resultados.....	105
4.3	Prueba de hipótesis	116
CONCLUSIONES		142
RECOMENDACIONES		144
BIBLIOGRAFÍA.....		147
ANEXOS.....		153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Clases de consistencia</i>	23
Tabla 2: <i>Edad de rotura de probetas</i>	24
Tabla 3: <i>Límites permisibles para el agua de mezcla y curado</i>	30
Tabla 4: <i>Clasificación del agregado</i>	33
Tabla 5: <i>Composición de la penca</i>	41
Tabla 6: <i>Clasificación taxonómica de la penca de tuna</i>	43
Tabla 7: <i>Resistencias a compresión requeridas</i>	46
Tabla 8: <i>Límites del asentamiento del concreto fresco</i>	46
Tabla 9: <i>Cantidades aproximadas de agua para diferentes asentamientos</i> . 46	
Tabla 10: <i>Contenido de aire atrapado</i>	47
Tabla 11: <i>Relación de agua/cemento por resistencia</i>	47
Tabla 12: <i>Peso del árido grueso por unidad de volumen del concreto</i>	48
Tabla 13: <i>Operacionalización de variables</i>	57
Tabla 14: <i>Población</i>	58
Tabla 15: <i>Probetas de concreto patrón</i>	59
Tabla 16: <i>Probetas de concreto patrón con integración de mucílago</i>	59
Tabla 17: <i>Ensayos de asentamiento por cada porcentaje de integración</i>	59
Tabla 18: <i>Granulometría del A.G</i>	69
Tabla 19: <i>Granulometría del A.F</i>	71
Tabla 20: <i>Peso específico y absorción del A.G</i>	72
Tabla 21: <i>Peso específico y absorción del A.F</i>	73

Tabla 22: <i>Peso unitario del A.G.</i>	74
Tabla 23: <i>Peso unitario del A.F.</i>	76
Tabla 24: <i>Contenido de humedad del A.G.</i>	77
Tabla 25: <i>Contenido de humedad del A.F.</i>	78
Tabla 26: <i>Resumen de los ensayos del A.G y A.F.</i>	81
Tabla 27: <i>Características del cemento.</i>	81
Tabla 28: <i>Pesos finales para 1m³.</i>	87
Tabla 29: <i>Pesos finales para 45 probetas.</i>	87
Tabla 30: <i>Peso del mucílago por porcentaje de integración en el concreto.</i>	88
Tabla 31: <i>Pesos de los materiales para 9 probetas.</i>	89
Tabla 32: <i>Pesos de integración del mucílago para 9 probetas.</i>	90
Tabla 33: <i>Asentamiento de la mezcla del C.P.</i>	91
Tabla 34: <i>Asentamiento de la mezcla más el 1.5% de mucílago.</i>	92
Tabla 35: <i>Asentamiento de la mezcla más el 2% de mucílago.</i>	92
Tabla 36: <i>Asentamiento de la mezcla más el 2.5% de mucílago.</i>	92
Tabla 37: <i>Asentamiento de la mezcla más el 3% de mucílago.</i>	93
Tabla 38: <i>Promedios de asentamientos.</i>	93
Tabla 39: <i>Resistencia a la compresión axial del C.P.</i>	96
Tabla 40: <i>Resistencia a compresión axial del C.P más 1.5% de MUC.</i>	97
Tabla 41: <i>Resistencia a compresión axial del C.P más 2% de MUC.</i>	99
Tabla 42: <i>Resistencia a compresión axial del C.P más 2.5% de MUC.</i>	100
Tabla 43: <i>Resistencia a compresión axial del C.P más 3% de MUC.</i>	102

Tabla 44: <i>Promedios de resistencias a compresión axial.....</i>	103
Tabla 45: <i>Variación de resistencias en porcentajes con respecto al C.P.....</i>	104
Tabla 46: <i>Resistencia a compresión axial a los 7 días del 1.5%.....</i>	118
Tabla 47: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 1.5% de MUC.</i>	118
Tabla 48: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 1.5% de MUC.</i>	118
Tabla 49: <i>Resistencia a compresión axial a los 7 días del 2%.....</i>	119
Tabla 50: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2% de MUC....</i>	119
Tabla 51: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 2% de MUC....</i>	119
Tabla 52: <i>Resistencia a compresión axial a los 7 días del 2.5%.....</i>	120
Tabla 53: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2.5% de MUC.</i>	120
Tabla 54: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 2.5% de MUC.</i>	120
Tabla 55: <i>Resistencia a compresión axial a los 7 días del 3%.....</i>	121
Tabla 56: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 3% de MUC....</i>	121
Tabla 57: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 3% de MUC....</i>	121
Tabla 58: <i>Resumen de prueba de hipótesis de resistencias - 7 días.....</i>	122
Tabla 59: <i>Resistencia a compresión axial a los 14 días del 1.5%.....</i>	123
Tabla 60: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 1.5% de MUC..</i>	123
Tabla 61: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 1.5% de MUC..</i>	123
Tabla 62: <i>Resistencia a compresión axial a los 14 días del 2%.....</i>	124
Tabla 63: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2% de MUC.....</i>	124
Tabla 64: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y el 2% de MUC..</i>	124
Tabla 65: <i>Resistencia a compresión axial a los 14 días del 2.5%.....</i>	125

Tabla 66: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2.5% de MUC.</i>	125
Tabla 67: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 2.5% de MUC.</i>	125
Tabla 68: <i>Resistencia a compresión axial a los 14 días del 3%.</i>	126
Tabla 69: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 3% de MUC.</i>	126
Tabla 70: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 3% de MUC.</i>	126
Tabla 71: <i>Resumen de prueba de hipótesis de resistencias - 14 días.</i>	127
Tabla 72: <i>Resistencia a compresión axial a los 28 días del 1.5%.</i>	128
Tabla 73: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 1.5% de MUC.</i>	128
Tabla 74: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 1.5% de MUC.</i>	129
Tabla 75: <i>Resistencia a compresión axial a los 28 días del 2%.</i>	129
Tabla 76: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2% de MUC.</i>	129
Tabla 77: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y el 2% de MUC.</i>	130
Tabla 78: <i>Resistencia a compresión axial a los 28 días del 2.5%.</i>	130
Tabla 79: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2.5% de MUC.</i>	130
Tabla 80: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 2.5% de MUC.</i>	131
Tabla 81: <i>Resistencia a compresión axial a los 28 días del 3%.</i>	131
Tabla 82: <i>Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 3% de MUC.</i>	131
Tabla 83: <i>Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y el 3% de MUC.</i>	132
Tabla 84: <i>Resumen de prueba de hipótesis de resistencias - 28 días.</i>	132
Tabla 85: <i>Resumen de la prueba de hipótesis para la HE1.</i>	133
Tabla 86: <i>Asentamiento del C.P más 1.5%. de MUC.</i>	135
Tabla 87: <i>Diferencia de medias del asentamiento del C.P más 1.5% MUC.</i>	136

Tabla 88: <i>Tabulación de hipótesis del asentamiento del C.P más 1.5% MUC.</i>	136
Tabla 89: <i>Asentamiento del C.P y la integración 2% MUC.</i>	137
Tabla 90: <i>Diferencia de medias del asentamiento del C.P más 2% MUC.</i>	137
Tabla 91: <i>Tabulación de hipótesis del asentamiento del C.P más 2% MUC.</i>	137
Tabla 92: <i>Asentamiento del C.P más 2.5% MUC.</i>	138
Tabla 93: <i>Diferencia de medias del asentamiento del C.P más 2.5% MUC.</i>	138
Tabla 94: <i>Tabulación de hipótesis del asentamiento del C.P más 2.5% MUC.</i>	139
Tabla 95: <i>Asentamiento del C.P más 3% MUC.</i>	139
Tabla 96: <i>Diferencia de medias del asentamiento del C.P más 3% MUC.</i>	139
Tabla 97: <i>Tabulación de hipótesis del asentamiento del C.P más 3% MUC.</i>	140
Tabla 98: <i>Resultados finales de la prueba de hipótesis para la HE3.</i>	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Cono de Abrams</i>	23
Figura 2: <i>Ubicación de la Cantera Ballón</i>	66
Figura 3: <i>Cantera Ballón</i>	67
Figura 4: <i>Transporte de A.G y A.F de la cantera “Ballón”</i>	67
Figura 5: <i>Descarga de áridos en el “Laboratorio CONCHIPA Ingenieros”</i> ...	68
Figura 6: <i>Granulometría del A.G</i>	69
Figura 7: <i>Curva granulométrica del A.G</i>	70
Figura 8: <i>Granulometría del A.F</i>	70
Figura 9: <i>Curva granulométrica del A.F</i>	71
Figura 10: <i>Peso específico y absorción del A.G</i>	72
Figura 11: <i>Peso específico y absorción del A.F</i>	73
Figura 12: <i>Peso unitario del A.G</i>	74
Figura 13: <i>Peso unitario del A.F</i>	75
Figura 14: <i>Humedad de A.G</i>	77
Figura 15: <i>Humedad de A.F</i>	77
Figura 16: <i>Descarga de pencas</i>	78
Figura 17: <i>Extracción de las espinas de la penca</i>	79
Figura 18: <i>Extracción del mucílago de penca</i>	79
Figura 19: <i>Liculado de mucílago de penca y envasado</i>	80
Figura 20: <i>Peso del mucílago</i>	88
Figura 21: <i>Materiales y mezcla del concreto</i>	90

Figura 22: <i>Vaciado, desencofrado y rotulado de probetas</i>	90
Figura 23: <i>Asentamiento de la mezcla del concreto</i>	91
Figura 24: <i>Asentamientos promedios de integración de mucílago</i>	94
Figura 25: <i>Retiro de la cámara de curado y rotura de probetas de C.P</i>	95
Figura 26: <i>Promedio de resistencias del C.P a las edades de 7, 14 y 28 días</i> .	96
Figura 27: <i>Rotura de probetas de C.P integrando 1.5% de MUC</i>	97
Figura 28: <i>Promedio de resistencias del C.P más 1.5% de MUC</i>	98
Figura 29: <i>Rotura de probetas de C.P más 2% de MUC</i>	98
Figura 30: <i>Promedio de resistencias del C.P más 2% de MUC</i>	99
Figura 31: <i>Rotura de probetas de C.P más 2.5% de MUC</i>	100
Figura 32: <i>Promedio de resistencias del C.P más 2.5% de MUC</i>	101
Figura 33: <i>Rotura de probetas de C.P más 3% de mucílago</i>	101
Figura 34: <i>Promedio de resistencias del C.P 3% de MUC</i>	102
Figura 35: <i>Promedios de resistencias a compresión axial</i>	103
Figura 36: <i>Resistencias a compresión axial máxima a los 28 días</i>	104
Figura 37: <i>Diferencia de la resistencia del C.P y el 1.5% de MUC</i>	106
Figura 38: <i>Diferencia de la resistencia del C.P y el 2% de MUC</i>	107
Figura 39: <i>Diferencia de la resistencia del C.P y el 2.5% de MUC</i>	107
Figura 40: <i>Diferencia de la resistencia del C.P y el 3% de MUC</i>	108
Figura 41: <i>Resistencias promedias a la edad de 7, 14 y 28 días</i>	109
Figura 42: <i>Porcentaje óptimo de la integración del mucílago</i>	111
Figura 43: <i>Diferencia del asentamiento del C.P y el 1.5% de MUC</i>	112

Figura 44: <i>Diferencia del asentamiento del C.P y el 2% de MUC.....</i>	113
Figura 45: <i>Diferencia del asentamiento del C.P y el 2.5% de MUC.....</i>	113
Figura 46: <i>Diferencia del asentamiento del C.P y el 2.5% de MUC.....</i>	114
Figura 47: <i>Diferencia del asentamiento del C.P y los % de MUC.....</i>	114
Figura 48: <i>Distribución "t" student.</i>	117
Figura 49: <i>Diagrama de los estadísticos de resistencias - 7 días.....</i>	122
Figura 50: <i>Diagrama de los estadísticos de resistencias - 14 días.....</i>	127
Figura 51: <i>Diagrama de los estadísticos de resistencias - 28 días.....</i>	132
Figura 52: <i>Distribución "t" student.</i>	135
Figura 53: <i>Diagrama de los estadísticos de asentamientos.</i>	140

ACRÓNIMOS

INEI : Instituto Nacional de Estadística e Informática

ACI : American Concrete Institute

COVID-19 : Virus SARS-CoV-2

COPANT : Comité Panamericano de Normas Técnicas

RESUMEN

La construcción es parte del desarrollo y avance tecnológico de todas las civilizaciones del mundo, aunque algunas civilizaciones son más importantes que otras, han intervenido culturas grandes y pequeñas que interfieren en su espacio en busca de una mejor calidad de vida. En los años 80 se realizaron algunos estudios sobre los problemas técnicos que presentan las estructuras predominantes de concreto, en el que se tuvo como resultado el 16.8% se presenta errores en los materiales, 38.6% se presenta fallas en todo el proceso constructivo y del 45% a más se presenta fallas en los cálculos realizados. Posterior a estos resultados se realizaron investigaciones recientes, teniendo como resultado que más del 35% presentan errores en los materiales. Ante esta realidad, se ha buscado nuevas alternativas que ayuden al concreto perfeccionar la resistencia, es por ello que se ha buscado reemplazar un aditivo químico por un aditivo natural que cumpla las mismas funciones como el de poder perfeccionar la resistencia del concreto en elementos estructurales como las columnas. A través de esta investigación, se consideró como un aditivo natural la integración de mucílago de penca de tuna en la mezcla del concreto, donde se realizaron las integraciones de 1.5%, 2%, 2.5% y 3%, con el objetivo de poder reconocer la diferencia del concreto patrón respecto al concreto con integración de mucílago, reconocer el porcentaje óptimo y determinar de qué manera influye la integración del mucílago en el asentamiento del concreto, motivo por el cual se realizó 45 probetas para pruebas de compresión axial, 09 muestras para el concreto patrón, 09 muestras por cada combinación y considerando 03 muestras por edades de 7, 14 y 28 días. Para así poder analizar el comportamiento con respecto a la integración del mucílago de penca de tuna.

Palabras claves: mucílago, resistencia del concreto, compresión axial.

ABSTRACT

Construction is part of the development and technological progress of all civilizations in the world, although some civilizations are more important than others, both large and small cultures have intervened in their space in search of a better quality of life. In the 80's some studies were carried out on the technical problems presented by the predominant concrete structures, which resulted in 16.8% errors in the materials, 38.6% failures in the entire construction process and 45% or more failures in the calculations. After these results, recent investigations were carried out, with the result that more than 35% present errors in the materials. In view of this reality, new alternatives have been sought to help concrete improve its resistance, which is why it has been sought to replace a chemical additive with a natural additive that fulfills the same functions such as being able to improve the resistance of concrete in structural elements such as columns. Through this research, the integration of prickly pear cactus mucilage in the concrete mix was considered as a natural additive, where the integrations of 1.5%, 2%, 2.5% and 3%, with the objective of being able to recognize the difference of the standard concrete with respect to the concrete with mucilage integration, to recognize the optimum percentage and to determine how the mucilage integration influences the slump of the concrete, for which reason 45 specimens were made for axial compression tests, 09 samples for the standard concrete, 09 samples for each combination and considering 03 samples for ages of 7, 14 and 28 days. In order to analyze the behavior with respect to the integration of the prickly pear cactus mucilage.

Keywords: mucilage, concrete strength, axial compression.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se producen concretos con múltiples materiales y aditivos, los mismos que al dosificarlos y mezclarlos correctamente nos permiten obtener concretos resistentes que sean capaces de soportar condiciones ambientales extremas.

En construcciones de viviendas con estructura predominante de concreto, hay que tener en cuenta que existen algunos problemas técnicos muy comunes como son las cangrejeras, presencia de restos orgánicos y el agrietamiento por contracción plástica.

Para la solución de los problemas técnicos antes mencionados, se utilizan aditivos químicos, ante esta realidad, a través de la investigación propuesta se ha buscado una nueva alternativa natural que pueda reemplazar al aditivo químico, cumpliendo las mismas funciones similares y mejorando la resistencia del concreto en elementos estructurales como las columnas, por ello, se realizó la integración de mucílago de penca de tuna a la mezcla del concreto, ya que la zona es productora de la cactácea (penca de tuna).

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Realidad problemática

La construcción es parte de la evolución y el desarrollo tecnológico de todas las civilizaciones del mundo, y aunque algunas son más importantes que otras, las culturas grandes y pequeñas luchan por una mejor calidad de vida. La importancia de la industria en todas las economías continúa, ya que moviliza grandes cantidades de materiales, contribuye significativamente a la creación de empleos directos e indirectos y contribuye significativamente a la economía, incluida la formación de capital en el país.

A nivel mundial, se producen concretos con múltiples materiales y aditivos, los mismos al dosificarlos y mezclarlos correctamente nos permiten obtener concretos resistentes que sean capaces de soportar condiciones extremas ambientales. En los años 80 se realizaron algunos estudios sobre los problemas técnicos que presentan las estructuras predominantes de concreto, en el que se tuvo como resultado el 16.8% se presenta errores en los materiales, 38.6% se presenta fallas en todo el proceso constructivo y más del 45% se presenta fallas en los cálculos realizados. Posterior a estos resultados se realizaron investigaciones recientes, teniendo como resultado que más del 35% se presentan errores en los materiales. Es por lo que actualmente se mezcla con el concreto cenizas, escorias de alto horno y otros productos industriales; los mismos que ayudan a perfeccionar el concreto en sus propiedades. (Ramirez, 2008)

La producción del concreto, en el Perú, es una de las principales fuentes de crecimiento del país; uno de los organismos que nos muestra los resultados es el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) quienes reportan que la producción nacional en el sector construcción aumentó un 13.31% durante el año 2021 con respecto al año 2020. Carbajal y Valverde (2016) afirman que en el Perú se utilizan productos industrializados y aditivos que contienen químicos que a su vez sirven para poder perfeccionar las propiedades y características del concreto. Una desventaja es que estos aditivos tienen los precios muy elevados, razón por la que se reduce la competencia en el mercado, es por ello que se buscado reemplazar un aditivo químico por un aditivo natural que este apto y dentro del ambiente que puedan ayudar a perfeccionar características y propiedades del concreto.

Asimismo, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) reporta que en la ciudad de Abancay actualmente el número de habitantes se ha incrementado a 89,025 habitantes de 72,277 habitantes haciendo un promedio total de 16,748 habitantes por cada 3 años, las mismas que requieren la construcción de una vivienda segura, para ello, la inversión que realizan en los materiales, así como la mano de obra deben de ser de buena calidad. Los materiales que se emplean así como las mezclas que se realizan deben cumplir los estándares establecidos por las normas del reglamento nacional de edificaciones, tomando un aspecto importante como es el diseño de mezclas del concreto que conforman los elementos de una edificación como: columnas, vigas y losas; además, el American Concrete Institute (ACI) viene promoviendo la educación y la difusión de todo lo relacionado con el uso eficiente del concreto para tener el diseño de mezclas adecuado y de buena calidad.

En construcciones de viviendas con estructura predominante de concreto, hay que tener en cuenta que existen algunos problemas técnicos muy comunes como son las cangrejas, material orgánico y el agrietamiento por contracción plástica.

Las cangrejas y el agrietamiento por contracción plástica afectan la resistencia del concreto de varias formas, una de ellas es la debilidad estructural, si la cangrejera es de gran dimensión y se produce en una ubicación crítica de una columna, esta puede debilitar la estructura y comprometer la resistencia, otra es la reducción de la durabilidad del concreto ya que las cangrejas permiten la entrada de agua, cloruros y otros contaminantes en el concreto, lo cual esto acelerara el desgaste del acero de refuerzo y disminuir la resistencia del concreto.

Es sustancial tener en cuenta que las cangrejas con un fenómeno normal, pero su efecto en la resistencia del concreto depende del tamaño de estos fenómenos, la ubicación y dirección. Para poder minimizar el impacto que esta puede ocasionar en la resistencia del concreto, es importante tomar algunas medidas como elaborar el concreto con un contenido de agua adecuado y agregar aditivos que ayuden a prevenir estos problemas técnicos.

En la ciudad de Abancay se utilizan aditivos químicos, y ante esta realidad, la solución de los problemas técnicos mencionados a través de esta investigación se ha buscado una nueva alternativa natural que pueda reemplazar a los aditivos químicos cumpliendo las mismas funciones similares mejorando la resistencia del concreto en elementos estructurales como las columnas, por ello, se realizó la integración de mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla del concreto, ya que en la zona existe esta cactácea.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Formulación del problema

En vista de los problemas técnicos comunes que se presentan en el concreto, el objetivo del estudio fue determinar de qué manera influye el mucílago de penca de tuna cuando se integra a la mezcla, con la finalidad de mejorar la resistencia a compresión axial y el asentamiento.

La investigación, consideró la integración de esta sustancia como aditivo natural para poder tener mejoras en las propiedades del concreto. Torres (2010) menciona que “los elementos de la penca de tuna son el potasio (K), magnesio (Mg), carbono (C), oxígeno (O) y principalmente el calcio (Ca), al mismo tiempo estos elementos también son básicos para la elaboración del cemento”.

1.2.2 Problema general

¿De qué manera influye la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla sobre la resistencia a compresión axial del concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Abancay, 2022?

1.2.3 Problemas específicos:

PE1: ¿De qué manera influye la integración de mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la resistencia a compresión axial de un concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un concreto patrón de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 7, 14 y 28 días?

PE2: ¿Cuál será el porcentaje óptimo de la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla del concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$?

PE3: ¿De qué manera influye la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en el asentamiento del concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$?

1.3 Justificación de la investigación

El concreto a nivel mundial es el más usado en las construcciones de viviendas, con varias tecnologías y materiales de producción, como los aditivos químicos, que pueden extender el tiempo de la duración de las construcciones de concreto, pero su alto costo las hace antieconómicas.

Por las razones mencionadas, es necesario reemplazar estos aditivos químicos por aditivos naturales, que cumplan las mismas funciones como el de perfeccionar la resistencia a compresión axial y el asentamiento.

Lo fundamental de esta investigación consistió en que esta integración mejore la resistencia del concreto estructural de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y, asimismo, darle a esta planta natural un valor para ser utilizada en la construcción.

El aporte de la presente investigación determina los efectos que el mucílago influye en la mezcla; asimismo, se necesita innovar y que esta integración permita alcanzar su máxima resistencia a compresión axial, a través del procedimiento y cálculos para diseñar la mezcla con la integración de mucílago en base al peso total de los materiales del concreto.

Asimismo, la investigación brindará oferta tecnológica a aquellas personas que quieran hacer el uso de este material de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con los datos numerológicos que se han obtenido mediante los ensayos que se elaboraron en el laboratorio, para que así se pueda considerar la integración al diseño de mezclas de un aditivo natural y no de un aditivo químico, para poder perfeccionar la resistencia del concreto.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Determinar de qué manera influye la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla sobre la resistencia a compresión axial del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Abancay, 2022.

1.4.2 Objetivos específicos:

OE1: Determinar de qué manera influye la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la resistencia a compresión axial de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 7, 14 y 28 días.

OE2: Reconocer el porcentaje óptimo de la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

OE3: Determinar de qué manera influye la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en el asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 Espacial

Este estudio ha sido realizado en la ciudad de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, cumpliendo con protocolos de procesos en los ensayos, estudios y análisis de resultados de todas las pruebas correspondientes de la investigación, además, donde se pudo obtener los resultados después de todo lo ejecutado.

1.5.2 Temporal

La delimitación temporal corresponde al tiempo en el que se realizó la ejecución de los ensayos que se requirieron para la investigación que se implementó en los meses de julio, agosto, setiembre y octubre del año 2022.

1.5.3 Social

Dado que todos los estudios y pruebas realizados tenían por objeto evaluar las propiedades del concreto, no tiene delimitación social.

1.5.4 Conceptual

Se delimitó conceptualmente en dos de las propiedades más importantes del concreto, integrando a la mezcla del concreto el mucílago como aditivo natural. Se estudió el asentamiento del concreto y la resistencia a compresión axial.

1.6 Viabilidad de la investigación

La investigación fue viable ya que se tenía disponible la economía para cubrir los costos de transporte de materiales, gabinete y el acceso al laboratorio de áridos y concreto CONCHIPA Ingenieros en la ciudad de Abancay. Asimismo, se buscó perfeccionar la resistencia del concreto elaborado con materiales del distrito de Abancay, integrando el mucílago en la mezcla del concreto como aditivo natural, para que se pueda dar uso en las construcciones de viviendas.

Además, cabe señalar que esta investigación tuvo como objetivo perfeccionar resistencia del concreto, ya que existen investigaciones previas para poder usarlos como referencia.

1.7 Limitaciones

Conceptuales: La información sobre esta investigación fue limitada, ya que no hubo muchas investigaciones en donde se aplica el uso de mucílago.

No se encontraron suficientes investigaciones realizadas respecto al tema de la resistencia a compresión axial.

Tecnológicas: Con la situación que se presentó por el Virus SARS-CoV-2 (COVID-19), aún no realizaba la atención presencial al 100% a toda la comunidad universitaria; la parte administrativa, así como el uso de los laboratorios, se encuentra habilitado con horarios establecidos por la universidad y con un número limitado de estudiantes, por lo que esto generó límites para el desarrollo normal de la investigación planteada.

Por ello se tomó la decisión de recurrir a los servicios de un laboratorio externo especializado en áridos y concreto.

Económicas: En la investigación se centró las propiedades del asentamiento y la resistencia a compresión axial, que fueron básicamente los objetivos de esta investigación, debido a los limitados recursos económicos para la ejecución de las diversas pruebas de laboratorio ya que sólo el investigador cubrió todos los gastos. Cabe mencionar que también se realizaron los ensayos de peso unitario del árido grueso y fino, contenido de humedad del árido grueso y fino, peso específico y absorción del árido grueso y fino y la granulometría del árido grueso y fino que fueron esenciales para la formulación de mezclas de concreto con mucílago de penca de tuna.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

2.1.1 A nivel internacional

Manríquez (2018), en su investigación adiciono el mucílago de nopal a su mezcla de concreto, donde el objetivo principal era "determinar de qué manera influye el mucílago de nopal en la contracción plástica del hormigón", con los siguientes hallazgos:

Aunque se descubrió que la mezcla sigue siendo utilizable, la integración del mucílago reduce el asentamiento del concreto proporcional a la cantidad de nopal suministrada. El mucílago de nopal afecta significativamente la exudación del concreto. Se añadió un 2.6% del peso del cemento, y se comprobó que la exudación disminuía en más de un 20% como resultado. Para poder minimizar la cantidad de fisuras provocadas por la contracción plástica en el concreto, fue necesario agregar mucílago de nopal a la mezcla. Mediante la observación de las fisuras, fue posible verificar la hipótesis de que al agregar 1.95% de mucílago de nopal, las fisuras disminuirían a 76.55% en área, 63.64% en cuanto al número de fisuras en comparación con el concreto estándar, y 2.6% en la incorporación máxima resultaría en una reducción de las fisuras en general. La adición natural de mucílago de nopal produjo un resultado útil para la prueba de compresión del concreto. Dado que la resistencia se incrementó en un 40.4% en el mejor de los casos en

comparación con el concreto estándar, la incorporación del mucílago incrementó significativamente el valor de la resistencia a compresión, el mismo que puede representar como un hallazgo muy importante de la investigación. Estos resultados llevan a las siguientes conclusiones:

El concreto se ha beneficiado del uso del mucílago de nopal como ingrediente natural al presentar menor agrietamiento y mayor resistencia.

Peña F. y Pinzón J. (2021), en su investigación adicionaron la fibra de hoja de la planta de piña (oro miel), donde se tuvo como objetivo “determinar la coherencia de la resistencia a compresión f'_c y la resistencia a la tracción indirecta f'_t ”, concluyendo con lo siguiente:

Se observó que en general las probetas ensayadas a la compresión que contienen un porcentaje de integración de fibra de hoja de piña presentaron una resistencia superior respecto al concreto patrón, siendo el diseño con una integración del 1 % de fibra quien presenta la mayor resistencia a compresión, con un incremento del 25% a diferencia de la muestra principal superando la resistencia del diseño; de igual manera, se puede apreciar que a partir de este porcentaje se incrementa la cantidad de fibra, aunque los datos numerológicos se mantienen por encima, empieza a darse un decrecimiento de la resistencia del material como sucede con el diseño con 2% de fibra adicionada.

Miranda (2021), en su investigación adiciono fibras naturales (bagazo de caña) y fibras sintéticas (polipropileno), donde se tuvo como objetivo “identificar el comportamiento mecánico de una mezcla integrando fibras de bagazo de caña de azúcar al 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2% y 3% en función al peso total del árido grueso en

comparación con un concreto patrón (MR-36) y un concreto reforzado con fibras sintéticas en función al volumen total de la mezcla, con el fin de analizar el aporte de las fibras de bagazo de caña de azúcar a la condición natural de post agrietamiento, a través de la ejecución de pruebas mecánicas; cuya metodología aplicada fue: fase I: Consecución de insumos, fase II: Elaboración de diseño de mezcla, fase III: Elaboración de vigas que serán sometidos a esfuerzos de flexión, fase IV: Determinación del módulo de rotura, fase V: Análisis de resultados”, concluyendo con lo siguiente:

A partir del análisis estadístico realizado, se encuentra que las prácticas de construcción durante la elaboración de las vigas de concreto y los procesos desarrollados en la ejecución de ensayos, se hicieron en buenos términos, toda vez que no existe dispersión significativa de los datos en los resultados obtenidos, por el contrario, se cuenta con desviaciones estándar mínimas. Partiendo de lo anterior, se establece que los resultados obtenidos se consideran confiables para su análisis en este estudio. En esta investigación se demuestra que la resistencia a la flexión es afectada negativamente conforme se aumenta los porcentajes de fibras naturales en la mezcla de concreto, específicamente fibras de bagazo de caña de azúcar. Para proporciones de fibras entre el 0.5% y el 1.5% se pierde hasta un 10% de la resistencia a la flexión a diferencia de un concreto normal. Tanto en la ejecución de los ensayos como en el análisis de resultados, se observa una mejora en las condiciones naturales de post-agrietamiento del concreto, lo cual se podría indicar, que es gracias a la adherencia de las fibras al interior de la mezcla, evitando una falla súbita en el elemento de concreto, lo cual si sucede en un concreto convencional.

Huertas L. y Martínez P. (2019), en su investigación modificaron el concreto integrando fibra de bagazo de caña, donde se tuvo como objetivo "evaluar de qué manera actúa el concreto con la inclusión de fibra de bagazo de caña de azúcar".

Se determina que la integración del porcentaje de fibra de bagazo de caña de azúcar a la mezcla de hormigón de 3000 psi es factible en función a los datos numerológicos obtenidos en la prueba de compresión de laboratorio que muestran que los especímenes de hormigón con 0.6% de fibra de bagazo de caña de azúcar corresponde al porcentaje con mejores resultados y llega a cumplir con el diseño y se encuentra en los parámetros establecidos de resistencia a compresión en la NSR -10. Dado que los especímenes de hormigón con 0.8% de adición de fibra de bagazo de caña de azúcar obtuvo datos numerológicos de resistencia a compresión inferiores a los demás especímenes en las tres edades investigadas (7, 14 y 28 días), y que estos valores también quedaron por debajo de los estándares mínimos establecidos por la NSR-10, se concluye que el porcentaje de 0.8% es desfavorable cuando este se integra a la mezcla de hormigón de 3000 psi.

Herrera P. y Vargas H. (2018), en su investigación introdujeron un aditivo experimental, donde el objetivo fue "Analizar las afectaciones mecánicas en las mezclas de concreto, así mismo calcular la mezcla por medio de la caracterización de sus áridos pétreos, haciendo uso del método Walker para generar su dosificación y encontrar la óptima relación cemento-arena-aditivo", concluyendo con lo siguiente:

Según los resultados obtenidos para el primer lote de cilindros fallados en el laboratorio Misael Guerra, se puede afirmar que el comportamiento presentado por los especímenes diseñados para una relación porcentual al 18%, presentan un pico

de resistencia favorable, que supone la máxima eficiencia del aditivo (constante) en función de la reducción de cemento; además, se puede confirmar que por encima de este porcentaje ($x > 18\%$), la descompensación de cemento presentada por la mezcla, excede los límites de participación del aditivo, perjudicando finalmente la resistencia a compresión. Al finalizar se analiza los resultados de la compresión de los especímenes de concreto en el laboratorio de la universidad y partiendo de que la relación porcentual óptima es de 18%, se puede concluir que la cantidad de aditivo necesaria para llegar a una resistencia de 21MPa, es al 1.25% de la cantidad de cemento inicial a una relación porcentual de 18%. También se puede interpretar que la máxima cantidad de aditivo que se puede incluir en la mezcla de concreto es de 3.2% respecto a la cantidad inicial de cemento, puesto que en la medida que se aplique más, este no generara más modificaciones a la propiedad mecánica en estudio, la resistencia.

2.1.2 A nivel nacional

Oloya R. y Ponce G. (2019), en su investigación integraron el mucílago de cactus *echinopsis pachanoi* a su mezcla, donde el objetivo fue "Investigar los efectos de mucílago de cactus *echinopsis pachanoi*", y se tuvo como resultados:

Se demostró que las resistencias a compresión de todas las probetas perfeccionaron a diferencia del concreto normal después de los 28 días. Por otro lado, el concreto patrón difiere con la muestra de concreto a la que se le adicionó 1.5% de mucílago de cactus en la que presentó la máxima resistencia a la compresión, con 384 Kg/cm². Los resultados de la resistencia de las muestras de concreto con incorporaciones de 0.5% y 1% de mucílago aumentó un 0.79% a diferencia del concreto normal, mientras que la resistencia de los especímenes de concreto con integración de 1.5% de mucílago de cactus aumentó un 1.32% a

diferencia del concreto normal. Por otro lado, con referencia a la resistencia a compresión, puede decirse que los resultados se ajustan a lo previsto y a lo que los diseñadores de la mezcla de 210 kg/cm^2 esperaban alcanzar, cifra que fue superada en las pruebas de resistencia por la integración de 4 porcentajes de mucílago.

Se midió el asentamiento por cada porcentaje de mucílago en pulgadas y se encontró que el concreto fue más fluido y trabajable para incrementos en este porcentaje. Este comportamiento presentó una tendencia lineal con valores crecientes como se muestra en la Imagen N°. 51, donde se visualiza los resultados obtenidos del comportamiento de este parámetro que trabaja en proporción a la cantidad de mucílago adicionado.

Flores R. y Ramírez S. (2020), en su investigación adicionaron el mucílago de tuna, donde el objetivo fue “perfeccionar los resultados de las propiedades de los ladrillos de suelo – cemento, con la integración de mucílago; la metodología que se aplicó es de tipo experimental”, concluyendo con lo siguiente:

Las propiedades de las unidades de ladrillos tienen mayor resistencia con la adición de mucílago: El f'_{b} de unidad sólida de control 0% de mucílago resultó 12.66 MPa y el f'_{b} de unidad sólida con 4.5% de mucílago resultó 15.65MPa, logrando una mejora en la resistencia de un 23.6%; El f'_{b} de unidad hueca de control 0% de mucílago resultó 12.08 MPa y el f'_{b} de unidad hueca con 4.5% de mucílago resultó 15.01 MPa, logrando una mejora en la resistencia de un 24.2%. El f'_{m} de pilas con unidad sólida de 0% de mucílago resultó 7.74MPa y el f'_{m} de pilas de unidad sólida de 4.5% de mucílago resultó 9.29MPa, logrando una mejora en la resistencia de un 20.0 %; el f'_{m} de pilas con unidades huecas de 0% de mucílago resultó 7.13MPa y

el f´m de pilas con unidades huecas de 4.5% de mucílago resultó 8.74MPa, logrando una mejora en la resistencia de 22.5%. El V´m en muretes con unidades sólidas de 0% de mucílago resultó 0.81MPa y el V´m en muretes con unidad sólida de 4.5% de mucílago resultó 0.91MPa, logrando una mejora en la resistencia de 12.4%; el V´m en muretes con unidades huecas de 0% de mucílago de tuna resultó 0.74MPa y el V´m en muretes con unidades huecas de 4.5% de mucílago de tuna resultó 0.86MPa, logrando una mejora en la resistencia de un 16.2 %.

Bulnes (2018), en su investigación adicionaron mucílago de nopal, donde el objetivo fue "Determinar la influencia en la resistencia a compresión de un mortero cemento-arena integrando a la mezcla los porcentajes de 10% y 20% de mucílago", donde obtuvo los siguientes resultados:

La relación a/c del patrón fue de 0.485 con una fluidez de 19.83%; la relación a/c del experimental con 10% de adición fue de 0.50 con una fluidez de 18.73%; la relación a/c del experimental con 20% de adición fue de 0.51 con una fluidez de 19.22%. La resistencia a compresión a los 28 días se ha reducido en los morteros que se han experimentado a diferencia de un mortero normal, disminuyo en un 11.01% para la integración de 10% y disminuyo en un 5.60% para la integración de 20%, esto producto del ph de los elementos químicos del mucílago añadido.

Inga (2019), en su investigación adicionaron el mucílago del nopal (*Opuntia ficus-índica*), donde el objetivo fue "evaluar el impacto de la adición de mucílago que produce sobre las propiedades mecánicas del concreto permeable", llegando a la siguiente conclusión:

La resistencia a compresión incremento cuando se incorporó el 1% de mucilago respecto al peso del cemento, dando como resultado 229.55 kg/cm², mientras que la resistencia a compresión bajo cuando se incorporó el 5% de mucílago, arrojando un valor de 202.87 kg/cm².

Huerto (2018), en su investigación adicionaron mucílago de tuna y superplastificante sika n290 al cemento, donde el objetivo fue "encontrar la diferencia de la resistencia a compresión de un concreto f'c=450 kg/cm² añadiendo 4% y 6% de mucílago y superplastificante sika N290 al cemento", llegando a la siguiente conclusión:

Cuando se aportó calcio y magnesio con un 4% de mucílago, la resistencia a los 28 días resulto un valor de 2.47% superior al concreto normal. La resistencia a los 28 días incrementó un 4.87% a diferencia del concreto normal debido a la adición de silicatos, aluminatos y calcio, así como de un 4% de sika N290.

2.1.3 A nivel regional y local

Huamán (2021), en su investigación realizo la incorporación del aloe vera, donde el objetivo fue encontrar la influencia del uso como aditivo del aloe vera en la consistencia, tiempo del fraguado y la resistencia a compresión axial", concluyendo con lo siguiente:

La incorporación del aloe vera en la mezcla fue optima en todos los porcentajes de adición considerados en el estudio, cuyos porcentajes fueron: 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0%. Los resultados que se obtuvieron en el laboratorio se muestran en la tabla 18, los resultados obtenidos de resistencia a compresión por cada incorporación son: 294.5 kg/cm², 311.4 kg/cm², 317.4 kg/cm², 333.4 kg/cm² y 322.5 kg/cm², se concluye que estos porcentajes de integración hicieron que la

resistencia a compresión incrementa a los 28 días. Se tuvo que el porcentaje óptimo fue del 2.5% con un valor promedio de resistencia a compresión de 333.4kg/cm², ya que un aditivo posterior del 3.0 % tuvo como resultado el valor de la resistencia a la compresión de 322.5 kg/cm² donde se observó que disminuyó con respecto a la adición de 2.5% reduciendo así el valor de 333.4 kg/cm² a 322.5 kg/cm². Se puede observar que el valor de la integración del 2.5% es superior al valor estándar de resistencia del concreto de 291.0 kg/cm². La incorporación de aloe vera en la mezcla tuvo un efecto positivo en la consistencia, ya que cuanto mayor era la cantidad de aloe vera añadida, más fluida era la mezcla en comparación con la muestra estándar. Los resultados que se obtuvieron con las incorporaciones de aloe vera: 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0% según la Tabla 20 son los siguientes: 8.50 cm, 9.00 cm, 9.63 cm, 10.10 cm y 10.73 cm respectivamente y comparados al concreto patrón, la incorporación de 3,0% de aloe vera da una mayor fluidez con un asentamiento de 7.67 cm.

Ayquipa (2021), en su investigación realizó métodos de curados con mucílagos naturales, donde el objetivo fue “determinar si los métodos de curados con mucílagos naturales influyen en las muestras de concreto”, concluyendo con lo siguiente:

Como se muestra en la tabla 35, en comparación con el curado con agua convencional, la resistencia a compresión de los especímenes de concreto que se curaron con mucílago de nopal aumentó, por el método de aspersión en un 8.18 %, la inmersión en un 27.00 % y la membrana en un 13.32 % a los 28 días. Se puede observar que este aditivo natural como un elemento endurecedor afecta las propiedades mecánicas del concreto, por lo que se acepta la hipótesis alternativa

que presenta un error de significancia del 5%. Se observó que el concreto con más porcentaje, incremento la resistencia a compresión con el mucílago de nopal y mucílago de sábila que se curaron.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 El concreto

Rivva (2008) indica que el concreto es un material artificial hecho por el hombre que consiste en una mezcla pastosa que se adhiere a otras partículas conformando así también el árido.

Primo (2014) afirmó que hay varios aditivos disponibles para optimizar la durabilidad, la reología y la resistencia. El concreto es producto de una mezcla elaborada con cemento, áridos gruesos y finos, agua y otros aditivos, cuya cantidad viene determinada por el diseño de la mezcla para poder tener una óptima mezcla de concreto. Según la Norma E.060 y el Consejo Panamericano de Normas Técnicas (COPANT), el concreto también se denomina hormigón.

El concreto está considerado como uno de los materiales más utilizados en el mundo debido a su durabilidad, resistencia y facilidad de uso. Es utilizado en el medio para construir una amplia variedad de estructuras, como edificios, puentes, carreteras, aeropuertos, presas y túneles.

La resistencia a compresión es una de las propiedades más importantes del concreto y requiere mucho la cantidad y calidad de sus componentes, así como de la forma en que se mezclan y se curan. También puede ser reforzado con varillas de acero para aumentar su capacidad de carga y resistencia a la tensión.

2.2.1.1 Tipos de concreto

Abanto (2017), indica que algunos tipos de concreto son los siguientes:

- **Concreto simple:** Es básicamente una mezcla que está a base de agua, cemento Portland, árido fino y árido grueso. El término "simple" se refiere a que la mezcla no tiene ninguna adición de materiales adicionales para perfeccionar o modificar sus propiedades, como pueden ser los aditivos químicos, fibras, adiciones minerales o polímeros.
- **Concreto armado:** Es llamado así a la mezcla de los elementos básicos del concreto, cuando este lleva armaduras de acero reforzado. Este concreto es un tipo de concreto reforzado con barras de acero, conocidas como refuerzo, que se colocan en la mezcla antes del vaciado del concreto. Las barras de acero proporcionan una resistencia adicional al concreto para poder soportar las cargas y tensiones a las que se someterá la estructura. El concreto armado se utiliza en la construcción de una variedad de estructuras, como edificios, puentes, presas, muros de contención, entre otros. La combinación del concreto y el acero es una estructura de concreto armado, gracias a esta combinación se puede obtener una excelente resistencia a compresión, tracción y flexión, las mismas que la hacen muy resistente y durable.
- **Concreto estructural:** Es llamado así a la mezcla de los elementos básicos del concreto, cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado correctamente, de acuerdo con especificaciones con las que fue diseñada, que leguen a garantizar una resistencia mínima preestablecida en el diseño y sobre todo una durabilidad adecuada. Este concreto tiene una alta resistencia a

compresión y una buena resistencia a la tracción, los mismos que lo hacen adecuado para soportar las cargas estructurales que se pueden generar en una estructura. El proceso de diseño y construcción de una estructura de concreto estructural implica el cálculo y diseño de la cantidad y disposición del refuerzo necesario para resistir las cargas que actuarán sobre la estructura. El concreto estructural también puede incluir aditivos y refuerzos adicionales para perfeccionar sus propiedades, como la resistencia al fuego, la resistencia a la corrosión, la impermeabilidad y la resistencia a los terremotos. De manera general este concreto es muy usado en la industria de la construcción de estructuras resistentes y duraderas.

2.2.1.2 Propiedades del concreto

- ***Propiedades del concreto en estado fresco:***

- ✓ ***Trabajabilidad***

Abanto (2017), menciona que es la facilidad con la que el concreto puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado, manteniendo su homogeneidad, estabilidad y resistencia. Una buena trabajabilidad es esencial para lograr una calidad óptima del concreto y asegurar que se obtenga una estructura resistente y duradera.

La trabajabilidad del concreto requiere muchos factores importantes, como la cantidad de agua, la cantidad y el tipo de cemento, la granulometría de los áridos, la temperatura ambiente y la humedad. Es muy importante tener en cuenta que una trabajabilidad excesiva puede hacer que el concreto se desplome o se asiente demasiado, lo que puede afectar su resistencia y durabilidad.

Esta propiedad se mide mediante pruebas específicas, como la prueba de asentamiento, quien se encarga de medir la deformación del concreto cuando se coloca en un cono y se compacta.

✓ **Asentamiento**

Abanto (2017), menciona que el asentamiento está determinado por la humedad que presenta la mezcla, la cantidad de agua utilizada debe ser la adecuada.

El asentamiento del concreto, también conocido como slump en inglés, se refiere a la medida de la deformación del concreto fresco cuando se somete a una carga. Esta medida se realiza colocando la mezcla en un cono de acero y luego se retira el cono para medir la altura del asentamiento del concreto.

Se puede considerar la preparación de la mezcla como un factor importante, ya que puede afectar la calidad final del concreto endurecido. Un asentamiento demasiado bajo puede indicar una falta de trabajabilidad del concreto, mientras que un asentamiento excesivo puede indicar una cantidad excesiva de agua en la mezcla, lo que puede afectar la resistencia y durabilidad del concreto endurecido.

Ensayo de asentamiento del concreto

Método:

Para Abanto (2017), la prueba de consistencia, comúnmente conocida como prueba de asentamiento, se utiliza para describir cómo se comporta el concreto fresco. En este experimento, se reforzaron muestras de concreto fresco en moldes troncocónicos, se desmoldó y, a continuación, se midió la caída de la mezcla con una regla.

Equipos:

Abanto (2017), menciona que “un tronco de cono sirve de equipo necesario, la base superior e inferior deben ser paralelos y el diámetro superior por donde se incorpora la mezcla debe ser 10 cm y la base del cono debe tener un diámetro de 20 cm, el tronco de cono debe tener una altura de 30 cm. Para la base de apoyo del tronco de cono se utiliza una lámina de acero galvanizado quien deberá tener un grosor mínimo de 1.5mm. Para facilitar la manipulación, las aletas del pie y las asas del molde están soldadas a éste. Se debe compactar el hormigón con una varilla de acero liso con punta semiesférica de 5/8" de diámetro, una longitud de 60 cm”.

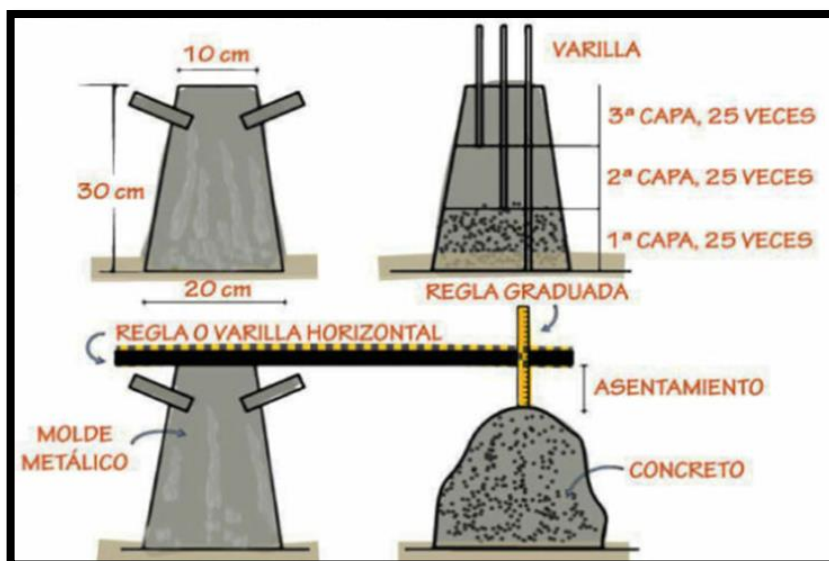
Procedimiento:

Abanto (2017) menciona que:

El molde se coloca sobre una superficie plana y húmeda. Se pisan las aletas para mantener el molde inmóvil. A continuación, se incorpora una primera adición de hormigón hasta un tercio de la capacidad del tronco de cono. A continuación, el hormigón se apisona con una varilla mediante 25 golpes espaciados por igual. Una vez que la varilla ha penetrado en la capa inferior, se añaden dos capas más siguiendo el mismo proceso, y la tercera capa debe rellenarse en exceso antes de nivelarla al final de la consolidación. El cono se levanta suave y de manera lenta en dirección vertical, cuando se haya terminado de incorporar la mezcla y se haya procedido a enrasar con la varilla. La diferencia entre el molde y la altura del concreto recién mezclado se denomina asentamiento. No deben necesitarse más de dos minutos para toda la operación.

Figura 1

Cono de Abrams



Fuente: Control de calidad del concreto (Gastañadui, s.f.)

Tabla 1

Clases de consistencia.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
SECA	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
PLÁSTICA	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado
FLUIDA	> 5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: (Abanto, 2017, pág. 49)

- **Propiedades del concreto en estado endurecido**
- ✓ **Resistencia a compresión axial del concreto**

Método:

NTP 339.034 (2015), nos menciona que "Las probetas de hormigón deben someterse primero a una carga de compresión axial en un ritmo constante que no pueda detenerse hasta el fallo. La resistencia a compresión del espécimen se determina dividiendo la mayor fuerza que se logro alcanzar sobre el área del segmento recto del espécimen".

Una de las propiedades mecánicas más importantes del concreto es la resistencia a compresión axial, cuyo resultado es utilizado para determinar la capacidad de una estructura de soportar cargas verticales.

Esta propiedad se mide mediante pruebas de compresión en las que se aplica una carga gradualmente creciente en la dirección axial del cilindro de concreto hasta que falla. La fuerza máxima que el concreto puede soportar antes de la falla se conoce como la resistencia a compresión axial.

Esta propiedad depende de varios factores, como la relación agua/cemento, la cantidad y tipo de cemento, la cantidad y tamaño de los áridos, el curado y las condiciones ambientales. La resistencia a compresión axial se especifica en las normas técnicas y se utiliza para diseñar estructuras de concreto.

Equipo:

NTP 339.034 (2015), nos menciona que "La herramienta utilizada para romper la probeta debe estar calibrada y tener una capacidad de carga suficientemente grande. El porcentaje de error no debe ser superior al $\pm 1.0\%$ de la carga indicada. Deben fijarse bloques de acero a las caras superior e inferior del equipo de la probeta de hormigón. Además, un indicador de carga debe proporcionar una medición con una precisión del 0.1% de la carga máxima de la escala".

Procedimiento:

"Las caras se secarán antes de proceder al ensayo de compresión inmediatamente después de retirar las probetas de la zona de curado. En la tabla 2 se muestra como las probetas de concreto que se examinarán a una edad determinada deben agrietarse dentro de una ventana de tiempo predeterminada.

Tabla 2

Edad de rotura de probetas.

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 horas	± 0.5h ó 2.1%
3 días	± 2h ó 2.8%
7 días	± 6h ó 3.6%
28 días	± 20h ó 3.0%
90 días	± 48h ó 2.2%

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 339.034, 2015)

La probeta a ensayar debe introducirse en el dispositivo de ensayo después de haber limpiado las caras del componente superior e inferior. Continúe con la colocación de la cabeza en el espécimen de prueba para la máquina. Los ejes del espécimen deben alinearse con el centro de empuje donde se rompe el espécimen. Hasta el fallo, la carga debe aplicarse continuamente sin parar. Es importante registrar la carga más alta aplicada, así como el tipo de fractura". (NTP 339.034, 2015)

2.2.1.3 Componentes del concreto

2.2.1.3.1 Cemento Portland

El cemento Portland es un tipo de cemento hidráulico ampliamente utilizado en la construcción que fue desarrollado en Inglaterra en la década de 1840 y se le denominó con ese nombre porque tenía un parecido de color con el de la piedra de Portland, que es una piedra caliza gris que se encuentra en la isla de Portland en el Reino Unido.

El cemento Portland se produce a partir de una mezcla de materiales crudos, que incluyen piedra caliza, arcilla y mineral de hierro, estos materiales se muelen en un polvo fino y se calcinan a altas temperaturas en un horno rotativo. Durante el

proceso de calcinación, los materiales crudos se funden y se combinan químicamente para formar un clinker de cemento.

Abanto (2017) menciona que es un producto comercial comúnmente accesible llamado cemento Portland tiene la virtud de reaccionar lentamente con el agua para generar una masa endurecida cuando se combina con otros materiales, ya sea arena, piedra u otro material comparable. Se trata simplemente de un clinker finamente molido que se crea a altas temperaturas por la reacción de cal, alúmina, hierro y sílice.

Otros autores han afirmado lo siguiente:

Este tema se encuentra regido por las (Normas Técnicas Peruanas 334.001, 2011) y la (Normas Técnicas Peruanas 334.009, 2013). Durante la producción de un cemento específico, se realizan las mediciones apropiadas en un orden determinado.

(Kosmatka, s.f, como se citó en Ramírez, 2008) afirmó lo siguiente:

La producción de cemento implica una serie de operaciones, que incluyen la molienda fina de las materias primas, la separación de la mezcla y el traslado a un horno rotatorio a una temperatura de unos 1450 °C, donde el material se reduce y calienta, fundiéndolo parcialmente en un Clinker en forma de esferas enfriadas y molidas hasta obtener un polvo fino, mediante la adición de yeso y otros materiales en su forma normal que no superen el 1% del peso total y que no afecten la función del cemento.

Los Clinker son silicato de calcio, aluminato de calcio, aluminoferrita de calcio y sulfato de calcio (yeso) añadido durante el proceso de molienda. Los

principales óxidos. Los principales óxidos presentes en las materias primas son: óxido de calcio (CaO), sílice (SiO₂), alúmina (Al₂O₃) y óxido de hierro (Fe₂O₃).

2.2.1.3.2 Tipos de cemento

Huerta M. (2020), señala que Los tipos I, II, III, IV y V de cemento Portland se ajustan a los criterios establecidos por la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM).

Las siguientes variedades de cemento Portland y sus respectivos usos se enumeran en ASTM C150:

- Tipo I: Este cemento cumple con las especificaciones establecidas en la norma quien es caracterizada por su alta resistencia inicial, su alta durabilidad y su facilidad de uso. Se puede mezclar con otros materiales, como áridos, arena y agua, para producir concreto de alta resistencia y calidad. Este cemento se produce a partir de la elaboración del clínker de cemento Portland adicionado de sulfato de calcio.
- Tipo II: Es comúnmente utilizado en proyectos cotidianos de concreto y en situaciones en las que se considera un calor de hidratación prudente. Este tipo de cemento cumple con las especificaciones establecidas en la norma quien es caracterizada por su alta resistencia a los sulfatos, su capacidad para retener la resistencia con el tiempo, y su facilidad de uso. Es similar al cemento Tipo I en cuanto a su composición y proceso de producción, pero tiene una mayor

proporción de silicato tricálcico en su clínker, lo que les confiere una mayor resistencia a los sulfatos.

- Tipo III: Comúnmente usado en proyectos de concreto donde se requiere una alta resistencia inicial. Este cemento cumple con las especificaciones establecidas en la norma quien se caracteriza por su alta resistencia temprana, su capacidad para retener la resistencia con el tiempo, y su facilidad de uso. Es similar al cemento tipo I en cuanto a su composición y proceso de producción, pero se caracteriza por su alta resistencia temprana. Esto significa que el cemento tipo III adquiere su resistencia a compresión más rápido que otros tipos de cemento, lo que lo hace ideal para aplicaciones en las que se requiere una resistencia inicial elevada.
- Tipo IV: Es comúnmente usado en obras de concreto que requieren una mínima cantidad de calor de hidratación. Este cemento cumple con las especificaciones establecidas en la norma quien se caracteriza por su alta resistencia a la corrosión, su capacidad para retener la resistencia con el tiempo, y su facilidad de uso. Este tipo de cemento tiene una baja proporción de silicato tricálcico en su clínker, lo que lo hace adecuado para su uso en ambientes altamente corrosivos.
- Tipo V: Se emplea en proyectos que requieren un alto nivel de resistencia a la acción de los sulfatos. Este tipo de cemento cumple con las especificaciones establecidas en la norma quien se caracteriza por su alta resistencia a los sulfatos, su capacidad de retener la resistencia con el tiempo, y su facilidad de uso. Es similar

al cemento Tipo I en cuanto a su composición y proceso de producción, pero se caracteriza por su alta resistencia a los sulfatos.

2.2.1.3.3 Agua para el concreto

Para Primo (2014), el agua es fundamental en las mezclas con cemento, provocando una reacción fisicoquímica conocida también como hidratación; el agua es un componente importante para el endurecimiento del concreto y esto es reflejado en la relación agua/cemento y las propiedades del concreto; las cantidades recomendables de agua son proporcionadas por el Instituto de Gerencia y Construcción (ICG).

Debido a que el agua es fundamental en la producción de concreto, es utilizada para hidratar el cemento y activar el proceso de fraguado, el agua hace que el concreto se endurezca y gane resistencia con el tiempo, esta agua que será utilizada en la elaboración de la mezcla debe ser limpia y de consumo humano, sin impurezas que puedan afectar la calidad del concreto. Asimismo, cabe mencionar que el agua de pozo, río, lluvia o de mar no son adecuadas para la producción de concreto, a menos que hayan sido tratadas para eliminar las impurezas. El agua utilizada en la producción del concreto debe ser una cantidad calculada de acuerdo con la cantidad de cemento ya que, si se incorpora más de la cantidad adecuada, el concreto será más débil y poroso, y si se utiliza muy poca agua, el concreto será más difícil de mezclar y colocar, lo que puede afectar su calidad y resistencia.

Según Pasquel (1993), el agua que se utiliza en la mezcla del concreto tiene la función de:

- Reaccionar cuando está en contacto con el cemento para humedecerlo.

- Actuar como un lubricante para ayudar a mejorar la trabajabilidad del concreto.
- Proporcionar la cantidad necesaria de vacíos en la pasta del concreto para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Tabla 3

Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.

Descripción	Límites permisibles		
Sólidos en suspensión	5000	ppm	Máximo
Materia orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000	ppm	Máximo
Sulfatos (iónSO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1000	ppm	Máximo
Ph	5 a 8	ppm	Máximo

Fuente: (Primo, 2014)

Para Primo (2014), el agua para la producción de mortero y concreto deberá ser la misma que la de consumo humano y exenta ácidos, aceites, sustancias orgánicas y sustancias alcalinas. Se recomienda que cuando se utilice agua no potable se deben producir morteros de cubo que sean más fuertes a los 7 y 28 días y que alcancen una resistencia del 90% en comparación con los morteros elaborados con agua potable.

El ICG (2013) menciona que existen algunas sustancias que se encuentran comúnmente en el agua y que estas afectan la calidad del concreto, estas son:

- Aguas por debajo de los 2000 p.p.m. donde se encuentran sólidos disueltos, son adecuados para hacer concreto, si superan esta cantidad, deben probarse para determinar su influencia en la resistencia del concreto.

- Los bicarbonatos de sodio o potasio y los carbonatos , si llegan a estar presentes en el agua de mezclado, harán que el cemento se endurezca rápidamente, mientras que en altas concentraciones reducirán la resistencia del concreto.
- Los cloruros presentes en grandes cantidades en el agua que se usa para la mezcla pueden corroer el acero o los cables de tensión pretensados.
- Si el agua contiene aceites minerales petróleo crudo en una concentración superior al 2% reducen la resistencia del concreto en un 20%.
- Se puede utilizar en concreto no armado si el contenido de sal del agua de mar es inferior al 3.5% la resistencia se reduce en un 12%, pero si el contenido de sal se aumenta al 5% la resistencia se reduce en un 30%.
- El agua para el curado mantiene el concreto saturado para asegurar la hidratación completa del cemento aumentando la resistencia. (Primo, 2014)

2.2.1.3.4 El agua para el curado

El mínimo requisito para curar el concreto con el agua utilizada en el proyecto, generalmente es el que se usa de la misma fuente de agua que se utilizó para preparar el concreto en el proyecto. (Pasquel, 1993)

El agua es un componente muy importante en el proceso de fraguado, el curado es el proceso por el cual el concreto se mantiene húmedo durante un período de tiempo para permitir que la reacción química de fraguado se complete y el concreto alcance su resistencia y durabilidad óptimas.

Después de que las muestras del concreto se encuentren desmoldadas, se debe mantener húmedo durante al menos 7 días para permitir que la hidratación del cemento se complete y se produzca el fraguado del concreto. Durante este tiempo, el concreto se debe mantener húmedo y se debe asegurar que el fraguado sea continuo.

Para el curado del concreto, se puede utilizar agua en diferentes formas, una de ellas y la más común es rociar agua sobre el concreto recién colocado para mantenerlo húmedo, otra forma es usar mantas húmedas, telas o plásticos para cubrir el concreto y mantener la humedad.

El agua para el curado debe ser limpia y libre de impurezas que puedan afectar la calidad del concreto. El agua de pozo, río, lluvia o de mar no son adecuadas para el curado del concreto, a menos que hayan sido tratadas para eliminar las impurezas.

Es importante tener en cuenta que el curado del concreto es muy importante para la calidad del concreto y no debe ser descuidado. Es muy importante considerar que la falta de humedad durante el proceso de curado puede provocar la formación de grietas, reducir la resistencia y durabilidad del concreto.

2.2.1.3.5 Áridos para el concreto

De acuerdo con Gonzales (2015), “Los áridos se clasifican como rocas inactivas obtenidas por trituración de roca u otro material lo suficientemente duro como para producir partículas moldeadas por descomposición natural o artificial y de dimensiones estables, pueden ser de origen volcánico como las rocas ígneas o de origen sedimentario como las calizas”.

Tabla 4*Clasificación del agregado.*

Tamaño de las partículas en mm(pulg)	Denominación más corriente	Clasificación
Inferior a 0.002	Arena	Fracción muy fina
Entre 0.002 - 0.074 (N°200)	Limo	
Entre 0.074 - 4.76 (N°200) - (N°4)	Arena	Agregado fino
Entre 4.76 -19.1 (N°4) - (N°3/4")	Gravilla	Agregado grueso
Entre 19.1 - 50.8 (N°3/4") - (2")	Grava	
Entre 50.8-152.4 (2") - (6")	Piedra	
Superior a 152.4 (6")	Rajón, piedra bola	

Fuente: Primo (2014).

- **Tipos de áridos**

- ✓ **Árido fino**

Áridos que pasan el tamiz de 3/8" (9.5 mm) y casi exclusivamente pasan el tamiz N°4 (4.75 mm), predominantemente es retenido por el tamiz N°200 (75 µm). El árido fino que se utiliza en nuestro medio se denomina "arena", que es el resultado de la descomposición y desgaste natural o trituración de las rocas. (Quiroz y Salamanca, 2006)

En general, los áridos finos no deben usarse en mezclas de concreto permeable, ya que el tamaño de sus partículas tiende a complicar la capacidad de unión del sistema poroso. (Pérez, et al., 2013)

La calidad del árido fino es un factor importante en la calidad del concreto resultante, este debe ser limpio y libre de impurezas, como arcilla, materia orgánica o partículas excesivamente grandes que puedan afectar la calidad del concreto. El

árido fino debe cumplir con las normas y especificaciones establecidas para garantizar su calidad.

✓ **Árido Grueso**

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037, 2014) es el árido de descomposición natural o artificial de la piedra retenida en el tamiz 4.75 mm (N°4).

Aoki (2009) menciona que la grava redonda y la piedra caliza triturada o triturada angular se utilizan como áridos gruesos para el concreto permeable, ya sea en tamaño único o en tamaños de granulometría estrecha. El tamaño promedio del árido grueso varía de 3.75 mm a 9.5 mm y de 9.5 mm a 12.5 mm. Al igual que con el árido fino, se recomienda que el árido grueso tenga generalmente una composición granulométrica de tamaño. (Barahona et al., 2013)

Según Arauco (2010) el agregado grueso debe cumplir con los siguientes requisitos: debe tener partículas limpias, preferiblemente angulosas y de textura rugosa, resistentes, compactas y duras; los agregados deben estar libres de escamas y deben ser estables, así como libres de polvo, limo, tierra, humus, materia orgánica, sales, incrustaciones superficiales y otras sustancias nocivas.

El árido grueso se puede obtener de canteras naturales, ríos o de trituración de roca. La calidad del árido grueso es un factor importante en la calidad del concreto resultante, este debe ser limpio y libre de impurezas, como arcilla, materia orgánica o partículas excesivamente grandes que puedan afectar la calidad del concreto. El árido grueso debe cumplir con las normas y especificaciones establecidas para garantizar su calidad.

2.2.1.4 Propiedades físicas y mecánicas de los áridos

- **Análisis granulométrico del árido grueso y fino**

Este ensayo sirve para determinar la distribución granulométrica de los áridos gruesos y finos por tamizado, pero utilizando un diferente tamaño de tamiz para cada tipo de árido. El árido grueso se tamiza a través de tamices con aberturas de malla más grandes que las utilizadas para el árido fino. Una vez que se han tamizado las muestras de árido grueso y fino, se pueden graficar los resultados en una curva granulométrica. En la que a través de esta curva se podrá observar el porcentaje acumulado de material que pasa a través de cada tamiz utilizado en función del tamaño de partícula, como señala la (NTP 400.012, 2018).

Procedimiento:

La (NTP 400.012, 2018) menciona que:

- Antes de seleccionar los tamices adecuados para recoger los datos necesarios, la muestra debe secarse primero a una constante temperatura de $100^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$. A continuación, los tamices deben ajustarse de forma decreciente en función del tamaño de la abertura de malla de arriba abajo. En el tamiz superior se vaciará la muestra. Se tamizará mecánica o manualmente durante un período de tiempo determinado.
- Para que todas las partículas pasen a través de los tamices según el tamaño de la abertura del tamiz, en segundo lugar, debemos colocar una cantidad moderada de muestra en el primer tamiz desde arriba. Tras el tamizado, se seguirá el peso en cada tamiz y, a partir de esta información, se podrá determinar la calidad y la composición del material. La norma NPT 400.012 especifica las cantidades mínimas de material grueso que debe haber en cada tamiz.

- **Módulo de fineza**

ÁRIDO FINO: El módulo de fineza se utiliza para medir la finura o grosor del árido.

Se utiliza en la selección de mezclas concreto y mortero, ya que la cantidad y el tamaño de las partículas de árido influyen en las propiedades de la mezcla.

El módulo de fineza se obtiene sumando los porcentajes acumulados de retención de los tamices 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, y dividiendo el resultado por 100, se calcula el módulo de finura. Se sabe que los áridos finos con un módulo de finura de 2.2 a 2.8 tienen menos segregación y mayor trabajabilidad en el hormigón, pero los áridos finos con un módulo de finura de 2,8 a 3,2 se comportan mejor en hormigón de alta resistencia, como señala la (NTP 400.012, 2018).

ÁRIDO GRUESO: La finura del árido está representada por el módulo de finura; cuanto mayor es el MF, más grueso es el árido.

Es el total de los porcentajes retenidos que se han acumulado en cada uno de los siguientes tamices estándar: 1½", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.

El módulo de finura es proporcional a la granulometría, y la suma de estos tamices se divide por 100, como señala la NTP 400.037.

$$MF = \sum \frac{(\%Retenido\ acumulado)}{100}$$

- **Peso unitario de árido grueso y fino**

Este ensayo sirve para determinar la densidad de masa del árido grueso y árido fino en condiciones sueltas y compactadas, para determinar el porcentaje de vacíos entre cada partícula de árido, es importante tener en cuenta que el peso unitario del árido puede variar según la cantera y la calidad del material. Es por ello que es muy importante realizar las pruebas para verificar el peso unitario del árido antes de su uso en la mezcla del concreto, como señala la (NTP 400.017, 2016).

Procedimiento:

La (NTP 400.017, 2016), menciona que:

Procedimiento para peso compactado:

- Llene el recipiente hasta un tercio de la cantidad total.
- Después de nivelar la parte superior, apisone con 25 golpes por cada capa, espaciados de manera uniforme por la superficie del árido.
- Repita el paso anterior después de llenar el contenedor hasta un total de 2/3 de su capacidad.
- Se alisa la superficie final del árido y se apisona el contenedor después de haberlo llenado hasta el borde con árido.

Procedimiento para peso suelto:

- La altura del relleno en el contenedor de áridos no superará los 50 mm por encima de la parte superior del contenedor.
- La superficie debe estar nivelada.
- Por último, calcule el peso del contenedor, la masa del árido y el peso del contenedor vacío y anote estas cifras con una precisión de 0,05 kg.
- **Peso específico y absorción del árido grueso y fino**

Esta prueba se usa para determinar la densidad promedio de partículas de árido grueso excluyendo los espacios porosos, la densidad relativa conocida también como gravedad específica y la absorción de los áridos, es muy importante tener en cuenta que el peso específico y la absorción de los áridos podrían variar según la cantera y la calidad del material, es por ello que se recomienda realizar pruebas para poder verificar estas propiedades antes de utilizar el árido en la fabricación del concreto, como señala la NTP 400.021.

ÁRIDO FINO

Procedimiento:

La (NTP 400.021, 2018), menciona que:

- Es necesario añadir agua al picnómetro, se coloca el árido fino saturado seco superficialmente y debe llenarse de agua hasta aproximadamente el 90% de su capacidad total hasta que desaparezcan todas las burbujas de aire, agite manualmente el picnómetro.
- Una vez eliminadas las burbujas llenas de aire, se regula la temperatura del picnómetro y, se sumerge parcialmente en agua corriente y se eleva el nivel de agua del picnómetro hasta el nivel calibrado.
- Calcular el peso combinado del agregado, agua y el picnómetro, para estimar el peso del picnómetro lleno en su capacidad de calibración, retire el árido fino, sáquelo del picnómetro y llévelo a un horno a una temperatura constante.

ÁRIDO GRUESO:

Procedimiento

La (NTP 400.021, 2018), menciona que:

- La temperatura debe mantenerse constante y ser ideal para el secado. Inmediatamente después del secado durante 24 horas, el árido grueso debe sumergirse en agua a temperatura ambiente.
- Para determinar el peso del agregado saturado con la superficie seca, se saca el árido grueso del agua y se seca con un paño hasta que todas las partículas de agua visibles hayan sido absorbidas por el paño.

- Esta muestra se coloca en la canasta de alambre para calcular su peso en el agua a unos 23 °C y 1.7 °C de temperatura y una densidad de entre 997 ± 2 kg/m³.
- El material se extrae, se seca hasta alcanzar un peso estable a unos 100 °C ± 5 °C de temperatura constante, se enfría a temperatura ambiente y, por último, se pesa. Este procedimiento debería durar entre una y tres horas.

- **Contenido de humedad del árido grueso y fino**

Este ensayo se realiza para determinar el porcentaje total de humedad en una muestra de árido grueso y árido fino antes de ser utilizados en la fabricación del concreto, es muy importante porque esto podría afectar la cantidad de agua que se necesita realmente agregar a la mezcla del concreto para poder así lograr la consistencia adecuada y las propiedades de resistencia deseadas, como señala la NTP 339.185.

Procedimiento

La (NTP 339.185, 2013), menciona que:

- La masa del agregado debe determinarse con una precisión del 0.1%, seguida de un proceso de secado en el horno, cuidando de evitar la pérdida de partículas.
- Se debe tener cuidado al secar muy rápido, ya que algunas partículas pueden explotar y hacer que se pierdan.
- Se verifica la temperatura cuando se utilice el horno.
- Finalmente, después de que la muestra se haya enfriado, la muestra se pesa hasta aproximadamente de 0.1% de error.

2.2.2 Penca de tuna

2.2.2.1 Origen de penca de tuna

La “Opuntia ficus-índica” es la llamada nopal o penca de tuna, pertenece al género Opuntia, de la familia de las cactáceas. Las funciones básicas de estas plantas las realiza el tallo que tiene forma de ovalo aplanado y con espinas. Actualmente, las pencas de tuna se encuentran en una variedad de ambientes, desde áreas secas al nivel del mar hasta altitudes elevadas como los Andes Peruanos. (Goldstein, s.f, como se citó en Torres, 2010)

En el Perú, la penca de tuna es una planta muy importante en los sistemas agropastoriles, agrosilvopastoriles andinos, distribuida en los valles interandinos donde tiene condiciones de crecimiento favorables. (Castro et al., s.f, como se citó en Primo, 2014)

El uso de la penca de tuna en la construcción se remonta a la época prehispánica en América Latina, donde en ese entonces los pueblos indígenas utilizaban la penca de tuna como material de construcción. Los nopaleros, que son personas que se dedican a la producción de la penca de tuna, recolectaban las hojas maduras de la planta y las secaban al sol para luego ser utilizadas en la construcción, principalmente como material de relleno para mampostería y como aislante térmico. Asimismo, también fue utilizada como material de relleno en las paredes de adobe y de ladrillo, donde se coloca en capas entre las hiladas de material de construcción para proporcionar aislamiento térmico y acústico.

2.2.2.2 Estructura y composición química

El nopal (Opuntia ficus-índica) está formada por cladodios, que son tallos de 20 a 60 cm de largo, 10 a 40 cm de ancho y 2 a 3 cm de grosor. Las ramas son

tallos de color verde opaco con espinas amarillas en las aréolas. Tienen una cutícula de tipo lipídico que las recubre, con estomas que están presentes pero que no se abren durante el día. La cutícula del cladodio por las altas temperaturas del verano evita la deshidratación de esta. El cladodio alcanza una hidratación normal de 95 % de agua en peso. (Amaya, 2009).

Según estudios realizados, se observó un alto contenido de agua en los cladodios, característico de estas plantas; no se encontraron diferencias significativas en cuanto al contenido de grasa; en cuanto al contenido de fibra, se observa una diferencia por que a medida que madura el cladodio va aumentando su contenido en fibra; en la parte interna, se forma una fuerte red de celulosa; en cuanto al porcentaje de ceniza, aumenta con la edad; por lo tanto, su contenido de mineral aumenta. (Guzmán, L. y Chávez, J., 2007).

Tabla 5

Composición de la penca.

Componente	Cladodio de 1 mes de edad (aprox.)	Cladodio de 1 año de edad (aprox.)
Humedad %	92.57	94.33
Proteína (x6,25)%	0.94	0.48
Grasa %	0.17	0.1
Fibra %	0.3	1.06
Cenizas %	0.08	1.6
Carbohidratos %	5.96	2.43
Vitamina C (mg/100g*)	37.27	23.11
Ca %	0.042	0.339
Na%	0.0018	0.0183
K %	0.00098	0.145
Fe %	0.0792	0.322

Fuente: (Guzmán, L. y Chávez, J., 2007).

2.2.2.3 Mucílago de penca de tuna

Es una sustancia viscosa contenidas en las pencas de tuna. Una de las propiedades más importantes de la penca de tuna es su capacidad para retener agua incluso en condiciones climáticas adversas, gracias a la presencia de mucílago, el cual, formando una red molecular tridimensional, es capaz de retener grandes cantidades de agua. (Cárdenas et al., s.f, citado por Julián 2008)

En la base de la cutícula que recubre la penca de tuna, se encuentra una sustancia en forma de pulpa (gel) (Chandra et al., como se citó en Julián, 2008).

Este componente está presente en los cladodios como en la piel y pulpa de la fruta, aunque en proporciones muy diferentes. Estudios realizados por (Sáenz y Sepúlveda, 1993) mostraron bajos rendimientos en ambos casos: 0.5 % en la cáscara y 1.2 % en los cladodios (Silva, 2017).

El uso del mucílago en la construcción también puede perfeccionar la resistencia a compresión y la adherencia de los materiales de la mezcla del concreto, así como los morteros.

2.2.2.4 Clasificación de la penca de tuna

La penca de tuna se convierte en un arbusto rastrero o erecto que alcanza una altura de 3 a 5 m. Tiene un sistema de ramificación muy extenso, buena capacidad de absorción de agua y raíces poco profundas en zonas secas con poca lluvia. El tronco es leñoso y tiene un diámetro de 20 y 50 cm. Las ramas frescas se llaman nopalito y las adultas se llaman penca. (Abraján, 2008)

(Nobel et al., 1992, como se citó en Abraján, 2008) menciona que los mucílagos, que son hidrocoloides que se encuentran en este tejido, tienen como propósito principal retener agua.

Según Abraján (2008) la clasificación taxonómica de la penca de tuna es:

Tabla 6

Clasificación taxonómica de la penca de tuna.

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reino	Vegetal
Subreino	Embryophita
División	Angiospermae
Clase	Dicotyledonea
Subclase	Dialipetalas
Orden	Opuntiales
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	Opuntiae
Género	Opuntia Nopalea
Subgéneros	de O. 5
Series	17
Especies	300

Fuente: (Abraján, 2008, pág. 5).

2.2.3 Diseño de mezclas

El diseño de mezcla implica la aplicación de conocimientos técnicos para lograr las proporciones correctas de los materiales necesarios para un proyecto determinado. Se trata de evaluar las propiedades de los resultados obtenidos y compararlos con concretos de composición y propiedades similares, pero sin aditivos, denominados concretos de control y denominados concreto patrón.

Rivva (2010) menciona que:

La selección de las proporciones de los materiales que componen la unidad del concreto, comúnmente conocida como diseño de mezcla, se puede definir como el proceso de selección de los componentes y combinaciones más adecuadas que sean prácticas y económicas, y proporciones el mejor desempeño. El producto en su estado inicial de trabajabilidad y consistencia,

que después del endurecimiento fijados por el constructor o especificados en planos y/o especificaciones de construcción.

El diseño de mezclas de concreto es un proceso por el cual se establecen las proporciones adecuadas de los materiales del concreto, como el cemento, el árido fino, el árido grueso, el agua y los aditivos, para cumplir con los requisitos de resistencia y durabilidad del concreto.

El diseño de mezclas de concreto tiene como objetivo producir una mezcla que tenga las propiedades deseadas, como la resistencia a compresión, la trabajabilidad y la durabilidad, al menor costo posible.

2.2.3.1 Métodos del diseño de mezclas

(NTP 400.037, 2014) menciona que el método de dosificación de la mezcla se basa básicamente en aspectos técnicos que nos permitan suministrar el material de acuerdo con el precio del material y los requerimientos de acabado y vaciado del concreto, de igual forma debemos tener en cuenta las propiedades como la resistencia, durabilidad y masa no puede cambiar. Dentro de los métodos técnicos tenemos:

- El método ACI.
- El método del árido global.
- El Método del peso unitario.

El método utilizado en este estudio se basa en el proceso del Instituto Americano del Concreto desarrollado por el Comité 211 de ACI que involucra una secuencia ordenada de calculos y la determinación de la masa de cada material por peso y volumen, siendo el principio desarrollado por Abrams, 1m³ de concreto básico en relación agua/cemento.

Este método es un conjunto de normas y estándares desarrollados por el American Concrete Institute (ACI) para el diseño de mezclas de concreto, el cual es muy importante para poder tener un concreto que cumpla especificaciones precisas de diseño.

Este método se utiliza para calcular las cantidades de los materiales que son necesarios para elaborar una mezcla de concreto con las características deseadas, como la resistencia a compresión, la trabajabilidad y la durabilidad. Este método tiene en cuenta factores como la calidad de los materiales, la relación agua-cemento, la densidad de los áridos y la consistencia del concreto.

El método ACI 211 es utilizado comúnmente en la construcción y es considerado un estándar de referencia para el diseño de mezclas.

Para determinar la resistencia a compresión requerida (f'_{cr}), que es el primer paso que se realiza en un diseño de mezclas por el método ACI 211, se debe tener en cuenta que este se determina en función a los datos con los que se cuenta, para lo cual existen diversas formas para determinar la resistencia a compresión requerida (f'_{cr}), y son las siguientes:

- Cuando no se tiene registro de resistencias de probetas (no cuenta con datos estadísticos).
- Cuando tenemos la desviación estándar (cuenta con datos estadísticos).

En esta investigación se aplicó la primera forma ya que no se tiene registro de resistencias de probetas, es por ello que se hace el uso de la tabla 7.

Diseño de mezcla por el método ACI 211

1. Resistencia requerida

Tabla 7

Resistencias a compresión requeridas.

f'c	f'cr
<210	f'c+70
210 a 350	f'c+84
>350	f'c+98

Fuente: Método ACI 211

2. Tamaño máximo nominal

El tamaño máximo nominal se obtiene del ensayo de granulometría del árido grueso.

3. Asentamiento

Tabla 8

Límites del asentamiento del concreto fresco.

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	≥5"

Fuente: Libro tecnología del concreto (Abanto, 2017, pág. 64)

4. Volumen unitario del agua

Tabla 9

Cantidades aproximadas de agua para diferentes asentamientos.

Asentamiento	Agua, en l/m³, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencias indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	Concretos sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
% aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

Fuente: Método ACI 211

5. Contenido de aire

Tabla 10

Contenido de aire atrapado.

Tamaño máximo nominal	% aire atrapado
3/8 "	3.00%
1/2 "	2.50%
3/4 "	2.00%
1 "	1.50%
1 1/2 "	1.00%
2 "	0.50%
3 "	0.30%
6 "	0.20%

Fuente: Método ACI 211

6. Relación agua/cemento

Tabla 11

Relación de agua/cemento por resistencia.

f'cr a los 28 días. Kg/cm²	Relación agua/cemento	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.42	-
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Libro tecnología del concreto (Abanto, 2017, pág. 68)

7. Factor cemento

$$\text{factor cemento} = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{relación agua cemento}}$$

Nota: El factor es el peso del cemento empleado en 1m³ de concreto.

$$\text{Cantidad de bolsas} = \frac{\text{factor cemento}}{\text{peso de bolsa cemento}}$$

8. Agregado grueso

Tabla 12

Peso del árido grueso por unidad de volumen del concreto.

Tamaño máximo del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino			
	Módulo de fineza del agregado fino			
Malla	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8 "	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.6
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.76	0.74	0.72	0.69
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Libro tecnología del concreto (Abanto, 2017)(pág. 71)

9. Volúmenes absolutos

$$\text{Cemento} = \frac{\text{factor cemento}}{\text{peso específico del emento}}$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{volumen unitario del agua}}{\text{peso específico del agua}}$$

$$\text{Aire} = \%$$

$$\text{Ag. grueso} = \frac{\text{peso del A. G seco}}{\text{peso específico del A. G}}$$

$$\sum \text{Volúmenes absolutos conocidos}$$

Nota: Se realiza la sumatoria de los volúmenes absolutos conocidos.

10. Agragado fino

$$\text{Volumen absoluto del AF} = 1 - \sum \text{volumenes absolutos conocidos}$$

$$\text{Peso del AF en estado seco} = \text{volumen abs. AF} \times \text{peso específico}$$

11. Valores de diseño de mezcla

- ✓ Cemento : (factor cemento)
- ✓ Agua de diseño : (volumen unitario de agua)
- ✓ Árido fino seco : (peso de árido fino seco)
- ✓ Árido grueso seco : (peso del árido grueso seco)

12. Corrección del contenido de humedad

- **Árido fino**

- Contenido de humedad = %
- Calculamos el % del valor de diseño del árido fino
- Peso húmedo del árido fino

- **Árido grueso**

- Contenido de humedad = %
- Calculamos el % del valor de diseño del árido grueso
- Peso húmedo del árido grueso

- **Humedad superficial de los áridos**

- Humedad superficial del árido fino
- Humedad superficial del árido grueso

Aporte de humedad de los áridos:

- Aporte humedad del árido fino
- Aporte humedad del árido grueso

13. Pesos de los materiales por 1m³

Los pesos de los materiales seran los ya corregidos por el contenido de humedad:

- ✓ Cemento : kg/m³
- ✓ Agua efectiva : l/m³
- ✓ A.F húmedo : kg/m³
- ✓ A.G húmedo : kg/m³

2.2.4 Ensayos de laboratorio

2.2.4.1 Asentamiento del concreto (estado fresco)

Sánchez de G. (2014) afirma que, como medida de control para la correcta distribución y compactación de la mezcla en los moldes, es necesario determinar y comprobar la consistencia del concreto. Esta prueba de consistencia mide la fluidez de la mezcla de concreto fresco hasta un tamaño máximo nominal de 2 pulgadas utilizando cono de Abrams y de acuerdo con los parámetros de la NTC 396.

Abanto (2017) menciona que la prueba de consistencia, también conocida como asentamiento o revenimiento utilizada para caracterizar el comportamiento del concreto fresco fue desarrollado por Abrams, y adaptada y revisada por la ASTM en 1921. Finalmente, en 1978 la prueba consistió en la elaboración de ensayos de concreto fresco en moldes troncocónicos, la mezcla después de desmoldar se mide el asentamiento. El comportamiento del concreto en las pruebas mostro su consistencia, que se adaptó fácilmente a su forma, se mantuvo homogéneo y con vacíos mínimos.

2.2.4.2 Resistencia a la compresión axial del concreto (estado endurecido)

Abanto (2017) menciona que la mayor carga por unidad de superficie que puede soportar la probeta antes de fallar por compresión y agrietarse se conoce como resistencia a la compresión axial del concreto. Tras el vertido y un curado suficiente durante 28 días para alcanzarla, se determina la resistencia a compresión del concreto ($f'c$).

El concreto se rompe en probetas para el ensayo de resistencia a compresión, y el valor de la resistencia a compresión ($f'c$) se calcula dividiendo la carga por el área de la probeta que resiste la fuerza. Para saber si la mezcla de concreto que se ha realizado satisface los requisitos de resistencia del proyecto, suelen utilizarse los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión.

2.3 Marco conceptual

Concreto: El concreto es esencialmente una mezcla de árido y pasta. (Polanco, 2012)

Es una pasta de cemento Portland y agua que une áridos (como arena y piedra triturada) para crear un material duradero a medida que la pasta se solidifica causadas por la reacción química del cemento y el agua.

Cemento Portland: Es un producto que mezcla Clínter con yeso natural, lo muele y lo distribuyen en el mercado a granel o sacos. Se produce en diferentes tipos y clases, que varían en su contenido de compuestos químicos y propiedades físicas. Los tipos y clases de cemento Portland se seleccionan en función de las

condiciones de construcción y los requisitos de resistencia y durabilidad del concreto.

Áridos gruesos: Se denomina áridos gruesos al material que es retenido por el tamiz N°4 y que proviene de la rotura de la roca, y se clasifica como piedra triturada y grava. (Campos, 2009, pág. 21)

Áridos finos: Se denomina áridos finos al material que pasa por el tamiz de 3/8" y queda retenida en la rejilla número 200, la mayoría de las veces la arena proviene de la descomposición de las rocas. (Campos, 2009, pág. 20)

Agua: Se refiere al agua potable completamente natural, inodora e insípida que se puede usar como fluido en la producción de la mezcla del concreto. Este fluido se puede utilizar ventajosamente para producir concretos con un índice de solido superior a 2000 ppm. El agua con sólidos disueltos por encima de 2000 ppm debe evaluarse por su efecto sobre la resistencia y el tiempo de curado. (Kosmatka, 2004)

Aditivo: El aditivo, que se añade a la mezcla antes o durante el proceso del mezclado, es una sustancia química que suele añadirse en cantidades inferiores al 5% de la masa de cemento y que también se emplea como ingrediente en pastas, morteros y hormigón. (Rivera, pág. 231)

Mucílago de penca de tuna o nopal: La calidad viscosa del mucílago de nopal lo hace crucial para la producción de alimentos. Tiene la capacidad de retener mucha

agua, formar una red molecular y alterar cualidades como la viscosidad, la elasticidad y la textura; además, es un eficaz agente espesante, gelificante y emulsionante. (Rodríguez, 2018)

Mezcla: Es una combinación de dos o más sustancias diferentes que se unen para formar una sola sustancia homogénea o heterogénea. Las mezclas pueden ser de diferentes tipos, como mezclas homogéneas, mezclas heterogéneas, mezclas líquidas, mezclas sólidas, mezclas gaseosas, entre otras.

“El concreto es la mezcla de tres elementos: cemento, arena y grava o cierta proporción de grava hasta lograr una consistencia deseada”. (Laura, 2006, pág. 2)

Fraguado: Es un proceso químico y físico que ocurre en los materiales de construcción, como el concreto y el mortero, en el cual la mezcla se endurece y se convierte en un material sólido y resistente. El fraguado es causado por una reacción química entre los componentes del material, en presencia de agua, que da lugar a la formación de compuestos químicos que se interconectan entre sí y se solidifican.

Curado del concreto: Es el proceso de mantener la hidratación adecuada del concreto, mientras se saturan los componentes del adhesivo para lograr las propiedades para las cuales la mezcla ha sido diseñada.

Asentamiento: El asentamiento es la diferencia de la medida del molde con la mezcla representada en pulgadas, entre la altura del recipiente del molde que contiene la muestra de concreto fresco y la altura de la muestra fuera del molde.

Resistencia a compresión: La capacidad de soportar presiones y deformaciones se conoce como resistencia a la compresión. Debido a las cualidades adhesivas de la pasta de cemento, es en la compresión donde se comporta mejor que en la tracción.

Asimismo, (Abanto, 2017) indica que la mayor carga que puede soportar una probeta antes del fallo por compresión es la resistencia a la compresión axial (fisuración, rotura), 28 días después del vertido y el curado, el hormigón debe alcanzar su resistencia a la compresión ($f'c$).

También (Kosmatka, 2004), indica que la medida más alta de la resistencia a la carga axial de un espécimen de concreto, conocida como resistencia a la compresión, suele indicarse en kg/cm^2 y su máxima resistencia es a la edad de 28 días.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

La integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla, influye sobre la resistencia a compresión axial del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Abancay, 2022.

3.1.2 Hipótesis específicas:

HE1: La integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural influye en la resistencia a compresión axial de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 7, 14 y 28 días.

HE2: En la mezcla del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, se reconoce el porcentaje óptimo de la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural.

HE3: La integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural influye en el asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.2 Método

Es deductivo. Según Bernal (2010), el método de investigación deductivo implica tomar resultados generales para obtener interpretaciones específicas. En este estudio, se realizó la integración del mucílago en la mezcla del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, en porcentajes de 1.5%, 2%, 2.5% y 3%.

3.3 Tipo de investigación

Es aplicada. Según Ramos (2017), el tipo de investigación es aplicada, porque emplea desde que se sistematizó el conocimiento científico como en el caso del diseño de mezclas mediante el método ACI y el desarrollo de probetas.

3.4 Nivel o alcance de investigación

El nivel o alcance de investigación es descriptivo. Según Hernández, Fernández, & Baptista (2010), indican que el objetivo de este nivel de investigación es identificar y describir los rasgos, características y perfiles de individuos, comunidades, cosas o cualquier otra entidad que pueda estudiarse. Con precisión, el objetivo es definir rasgos, atributos y elementos cruciales de cualquier situación que se investigue. Este nivel se emplea cuando el objetivo es especificar cómo se desarrollaron o presentaron acontecimientos y circunstancias.

3.5 Diseño de la investigación

Es experimental. Según (Inga, 2019), indica que la investigación es de tipo experimental, ya que se manipula de manera intencional la variable independiente para analizar las consecuencias sobre las variables dependientes. Asimismo, se trabaja con dos grupos, uno experimental y el otro de control, llevando a cabo una comparación entre estos.

El enfoque de la investigación es cuantitativo. Según Risco (2017), indica que el enfoque de la investigación a emplearse será cuantitativo, debido a que se cuantificarán los resultados que se obtuvieron en el laboratorio para posteriormente hacer el uso de la estadística y extraer una serie de conclusiones.

3.6 Operacionalización de las variables

Variable independiente: Integración de mucílago de penca de tuna.

Variable dependiente: Resistencia a compresión axial y asentamiento.

Tabla 13

Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Independiente Integración de mucílago de penca de tuna	El mucílago es una sustancia viscosa que contienen las pencas de tuna.	Se integra en porcentaje el mucílago a la mezcla del concreto en función al peso total.	Integración de 1.5% MUC	Peso en gramos del mucílago en función al peso total de los materiales del concreto.	Fichas de registro de datos para los ensayos de laboratorio.
			Integración de 2.0% MUC		
			Integración de 2.5% MUC		
			Integración de 3.0% MUC		
Dependiente Resistencia a compresión axial	La resistencia a compresión axial es el esfuerzo máximo que puede soportar la probeta de concreto bajo una carga de aplastamiento sin romperse.	Se mide roturando las probetas cilíndricas con en la prensa de concreto a compresión.	Resistencia a compresión axial	Rotura de probetas a los 7, 14 y 28 días	Fichas de registro de datos para los ensayos de laboratorio.
			Cantidades de mucílago	Porcentaje óptimo de mucílago	Fichas de registro de datos para los ensayos de laboratorio.
Asentamiento	Es la diferencia entre la altura del recipiente del molde y la altura de la muestra fuera del molde.	Se mide el asentamiento luego de desmoldarlo del molde troncocónico.	Ensayo de asentamiento	Medición de asentamiento	Fichas de registro de datos para los ensayos de laboratorio.

Fuente: Propia.

3.7 Población, muestra y muestreo

Población

La población se refiere al conjunto total de individuos, objetos o eventos que cumplen con las características especificadas para ser objeto de estudio.

La población será 45 probetas de concreto de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 14

Población

Población
La población será 45 probetas de concreto de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Fuente: Propia.

Muestra

La muestra es un subconjunto de la población que se selecciona para representarla en la investigación.

La muestra se seleccionó en base a la NTP. 339.036 muestreo del concreto fresco y la NTP 339.183 elaboración y curado de especímenes de concreto. La investigación será conformada por todas las probetas de 15 cm diámetro por 30 cm de altura según la norma ASTM C-39 de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, que estará compuesto por: cemento, agua, arena y piedra, al cual se le añadirá como aditivo natural en la mezcla el mucílago de penca de tuna en porcentajes (1.5%, 2%, 2.5% y 3%). Teniendo en consideración que la norma E-060 nos dice que son 3 probetas por cada ensayo realizado; ante ello, siendo un total de 04 diseños de mezclas por los porcentajes antes mencionados, se realizó la rotura de probetas en 03 edades diferentes que fueron de: 7, 14 y 28 días, resultando así un total de 36 especímenes. Asimismo, se elaboró un concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, 03 probetas en 03 edades

diferentes que fueron de: 7, 14 y 28 días, resultando así 9 probetas. Este proyecto de investigación realizó un total de 45 probetas que fueron ensayadas para obtener un ajuste estadístico óptimo y 10 mediciones del asentamiento del concreto fresco.

Tabla 15

Probetas de concreto patrón.

Rotura de probetas: concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$		
Edad de probetas	Concreto patrón	Subtotal
7 días	3 und	3 und
14 días	3 und	3 und
28 días	3 und	3 und
Total, de probetas cilíndricas a roturar		9 und

Fuente: Propia.

Tabla 16

Probetas de concreto patrón con integración de mucílago.

Rotura de probetas de concreto $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ + mucílago de penca de tuna					
Edad de probetas	Porcentajes de integración de mucílago de penca de tuna en la mezcla del concreto				Subtotal de probetas cilíndricas
	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	
7 días	3 und	3 und	3 und	3 und	12 und
14 días	3 und	3 und	3 und	3 und	12 und
28 días	3 und	3 und	3 und	3 und	12 und
Total, de probetas cilíndricas a roturar					36 und

Fuente: Propia.

Tabla 17

Ensayos de asentamiento por cada porcentaje de integración.

Concreto patrón	Medición de asentamiento				Total, de probetas cilíndricas
	Porcentajes de integración de mucílago de penca de tuna en la mezcla del concreto				
	1.5%	2.0%	2.5%	3.0%	
2 und	2 und	2 und	2 und	2 und	10 und

Fuente: Propia.

En resumen, las tablas 15, 16 y 17; hacen la representación de la muestra que fueron 15 muestras para determinar la resistencia a compresión axial a los 7 días; 15 muestras para determinar la resistencia a compresión axial a los 14 días; 15 muestras para determinar la resistencia a compresión axial a los 28 días; 10 muestras para determinar el asentamiento del concreto.

Muestreo

El muestreo es un proceso mediante el cual se selecciona una muestra de la población para ser analizada en una investigación. Se utiliza cuando es imposible o difícil estudiar toda la población debido a factores como la disponibilidad, el costo o el tiempo.

El tipo de muestreo se refiere a la técnica de selección, en este sentido, el muestreo que corresponde será el no probabilístico por el medio de conveniencia, ya que no depende de la elección de los elementos por la probabilidad, sino más bien por las relaciones que existen con las características de la investigación.

Behar (2008) menciona que el muestreo intencional consiste en que el investigador debe elegir los componentes que según su criterio son representativos de su población, el mismo que es el objeto de estudio.

3.8 Técnica e instrumentos

Técnica

Observación directa

Los datos fueron recolectados a través de la percepción intencional y selectiva del investigador, esta técnica permitió ver, analizar y registrar los datos obtenidos en el laboratorio. Es decir, la observación se realizó directamente en todos los ensayos que se hicieron bajo la responsabilidad del investigador.

Análisis documental

Los datos fueron recolectados de fuentes secundarias, tales como: tesis (locales, nacionales e internacionales), Normas Técnicas Peruanas (NTP), libros, documentos entre otros que están citados en la bibliografía de este estudio. Esta información se utilizó para el análisis de variables de interés.

Ensayos de laboratorio

Vienen a ser las técnicas principales para la recolección de los datos, los ensayos de materiales: contenido de humedad según la Norma (NTP 339.185, 2013), análisis granulométrico de acuerdo a la Norma (NTP 400.011, 2008) y (NTP 400.012, 2018), peso unitario suelto y compactado basado en la Norma (NTP 400.017, 2016), áridos: método peso específico y absorción del árido fino basado en la Norma (NTP 400.022, 2013), ensayo de compresión axial a los 7, 14 y 28 días basándonos en la Norma (NTP 339.034, 2015) y método para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams basado en la Norma (NTP 339.035, 2009). Los datos que se obtuvieron al realizar los ensayos mencionados fueron llenados en fichas realizadas por el investigador.

Instrumentos

Para este estudio de diseño experimental, se realizó la recolección de datos del laboratorio en fichas elaboradas por el investigador, las mismas que fueron validadas por el juicio de expertos y el laboratorio de áridos y concreto CONCHIPA Ingenieros, los mismos que se adjuntan en el Anexo 3 y Anexo 5 respectivamente.

- Ficha para el ensayo de la granulometría del árido grueso y fino.
- Ficha para el ensayo de peso específico y absorción del árido grueso y fino.

- Ficha para el ensayo de peso unitario suelto y compactado del árido grueso y fino.
- Ficha para el contenido de humedad del árido grueso y fino.
- Ficha para el diseño de mezclas.
- Ficha para el ensayo de asentamiento del concreto.
- Ficha para la resistencia a compresión axial.

Asimismo, el laboratorio de áridos y concreto CONCHIPA Ingenieros para la confiabilidad de resultados brindó los certificados de calibración de los equipos utilizados en el laboratorio, los mismos que se adjuntan en el Anexo 9.

3.9 Consideraciones éticas

Esta investigación se generó con base en fundamentos teóricos, antecedentes y marco conceptual que se sistematizaron a partir de libros, revistas, sitios web y otras fuentes. Cabe mencionar que cada material tiene sus propias referencias y citas.

El estudio se realizó respetando el cronograma presentado en el proyecto de tesis, así como las normas técnicas empleadas en la ejecución de los ensayos.

3.10 Procedimiento estadístico

Se utilizó la distribución de “t” de student para la prueba de hipótesis, ya que es una de las técnicas más utilizadas en la inferencia estadística, es utilizada en muestras pequeñas para la comparación de dos promedios de muestras independientes, y que a su vez presenten distribución normal, para lo cual se emplea el siguiente procedimiento:

- **Planteamiento de hipótesis**

Primero planteamos la hipótesis nula y la hipótesis alterna.

- $H_0 (\mu_1 = \mu_2)$: hipótesis nula
- $H_1 (\mu_1 \neq \mu_2)$: hipótesis alterna

- **Nivel de significancia**

Dado que este intervalo se da con frecuencia en las investigaciones experimentales y sirve de amortiguador entre estipular indicadores con la probabilidad de ser correctos y la posibilidad de acertar, el nivel de significación se considerará del 95% como medida de confianza.

- **Evidencia muestral**

El promedio y la desviación típica de las muestras se calculan a través de las siguientes fórmulas :

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}}$$

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2 + \sum(Y_i - \bar{Y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Donde:

$t = t_c =$ "t" calculado

\bar{X} : promedio de la muestra 1 (C.P + % de mucílago)

\bar{Y} : promedio de la muestra 2 (C.P)

n_1 : cantidad muestra 1 (C.P + % de mucílago)

n_2 : cantidad muestra 2 (C.P)

S^2 : desviación estándar

- **Criterio de rechazo**

Si $t_c \in$ a la región de aceptación \Rightarrow Aceptamos la hipótesis nula H_0 y rechazamos la hipótesis alterna H_1 .

Si $t_c \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

La tesis presenta los valores obtenidos durante la ejecución del proceso de investigación, se realizaron los ensayos en el laboratorio de áridos y concreto CONCHIPA Ingenieros, siguiendo así la secuencia de procedimientos de los ensayos para lograr el diseño de mezclas del concreto patrón de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y el concreto integrando el mucílago como aditivo natural en porcentajes de 1.5 %, 2 %, 2.5% y 3%.

4.1.1 A nivel de la variable independiente

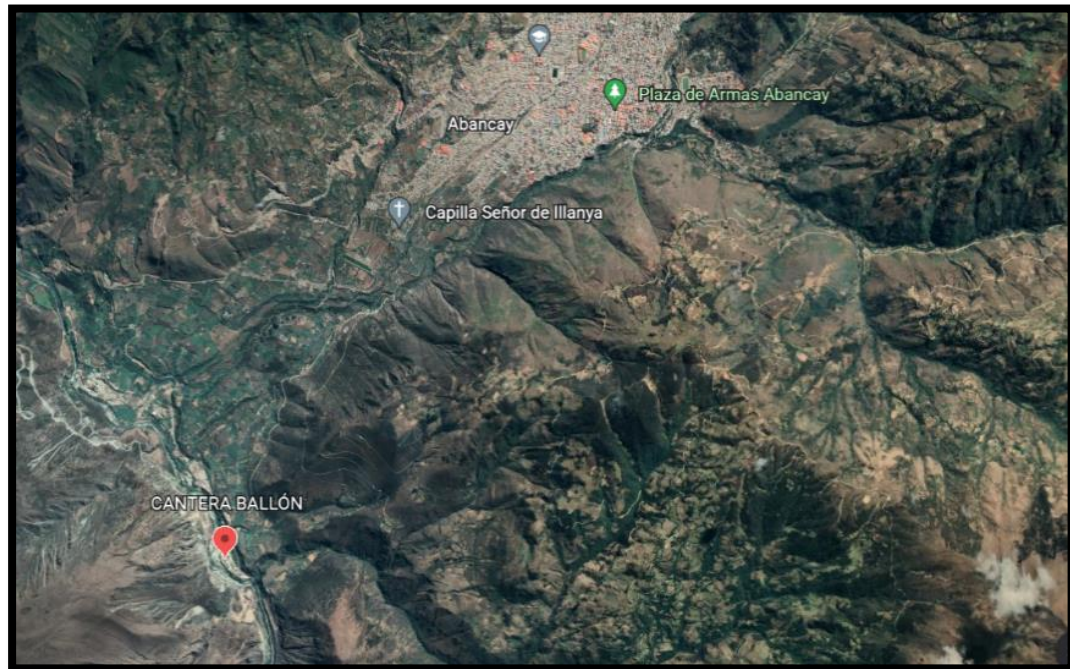
Estudio de cantera

Debido a que es muy importante la selección de una cantera para poder realizar estudios necesarios para saber, si el material es óptimo o no, se tuvo como referencia la tesis del autor: Ayquipa (2021) en su investigación que realizó métodos de curados con mucílagos naturales a sus especímenes de concreto en la ciudad de Abancay, señala a través de sus ensayos realizados en su investigación que el ÁRIDO GRUESO de la cantera Ballón es óptimo y la tesis de Quispe (2022) en su investigación que realizó la incorporación de fibras de acero tipo I alambre trefilado en frío en el

pavimento en la ciudad de Abancay donde señala a través de sus ensayos realizados en su investigación que el ÁRIDO FINO de la cantera Ballón es óptimo.

Figura 2

Ubicación de la cantera Ballón.



Fuente: Google Earth

Muestreo de los áridos

Por lo anteriormente mencionado, para corroborar los datos de las referencias tomadas, se realizó el transporte del árido grueso y árido fino de la cantera Ballón, para poder realizar los ensayos respectivos y corroborar que los áridos sean los óptimos para el diseño de mezclas del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$; por tal motivo, se hizo la compra de la cantera un aproximado total de 320kg de árido grueso y 280kg de árido fino para la realización de los ensayos y la posterior elaboración de las muestras.

Figura 3

Cantera Ballón.



Fuente: Propia.

Figura 4

Transporte de A.G y A.F de la cantera Ballón.



Fuente: Propia.

Figura 5

Descarga de áridos en el Laboratorio CONCHIPA Ingenieros.



Fuente: Propia.

4.1.1.1 Propiedades físicas y mecánicas de áridos

Los áridos tienen propiedades que influyen en la resistencia del concreto, es por lo que nos regimos a las normativas vigentes para realizar los ensayos necesarios y evaluar la calidad de cada material usado en el diseño de mezclas del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, donde se realizó distintos ensayos como: granulometría, peso específico y absorción, peso unitario y contenido de humedad que fueron necesarios para el diseño de mezclas del concreto integrando mucílago de penca de tuna como aditivo natural.

4.1.1.1.1 Análisis granulométrico del A.G y A.F

Este ensayo sirve para determinar la distribución granulométrica de los áridos gruesos y finos por tamizado, pero utilizando un diferente tamaño de tamiz por cada tipo de árido, como señala la (NTP 400.012, 2018).

Figura 6

Granulometría del A.G.



Fuente: Propia.

Tabla 18

Granulometría del A.G.

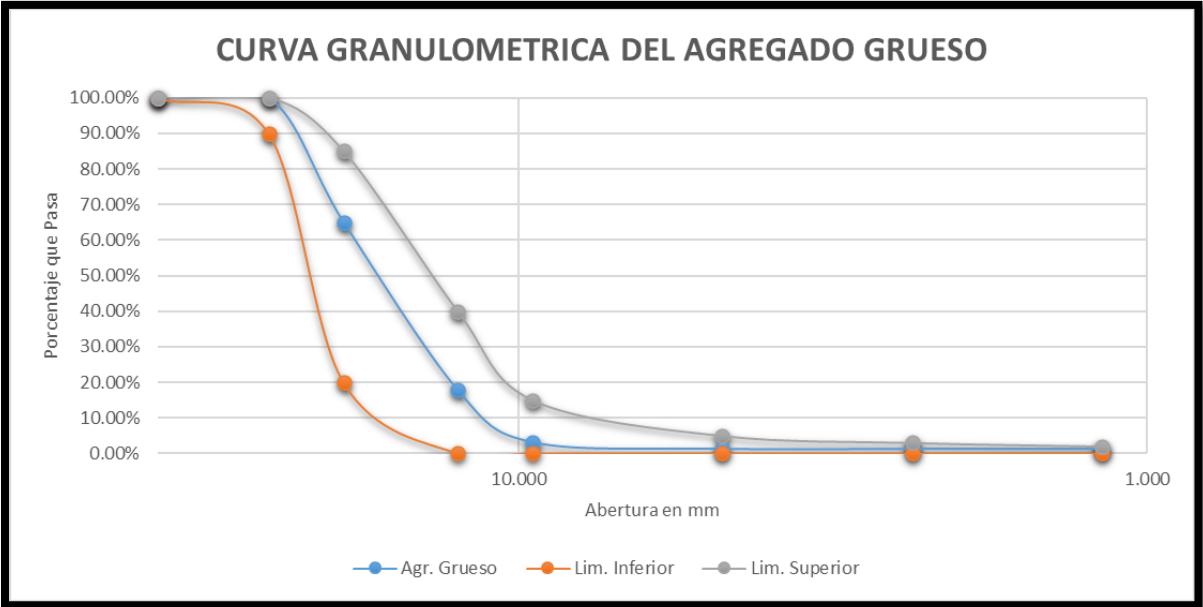
Peso inicial de la muestra		4091 g				
Malla	Tamiz Diámetro	Peso Retenido (g)	Peso Corregido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0	0.00%	100.00%
1"	25.00	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.00	1430.00	1430.00	34.95%	34.95%	65.05%
1/2"	12.50	1934.00	1934.00	47.27%	82.23%	17.77%
3/8"	9.50	601.00	601.00	14.69%	96.92%	3.08%
N°4	4.75	75.00	75.00	1.83%	98.75%	1.25%
N°8	2.36	0.00	0.00	0.00%	98.75%	1.25%
N°16	1.18	0.00	0.00	0.00%	98.75%	1.25%
N°30	0.60	0.00	0.00	0.00%	98.75%	1.25%
N°50	0.30	0.00	0.00	0.00%	98.75%	1.25%
N°100	0.15	0.00	0.00	0.00%	98.75%	1.25%
N°200	0.08	0.00	0.00	0.00%	98.75%	1.25%
	FONDO	0.00	51.00	1.25%	100.00%	0.00%
	TOTAL	4040.00	4091.00	100.00%		

Fuente: Propia.

Nota: En la tabla 18, se observa que el tamaño máximo nominal del árido grueso es de 3/4". Realizando la sumatoria de los % retenidos acumulados en cada tamiz: 1½", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 dividido entre 100, se tiene como resultado que el módulo de fineza es 7.24.

Figura 7

Curva granulométrica del A.G.



Fuente: Propia.

Figura 8

Granulometría del A.F.



Fuente: Propia.

Tabla 19

Granulometría del A.F.

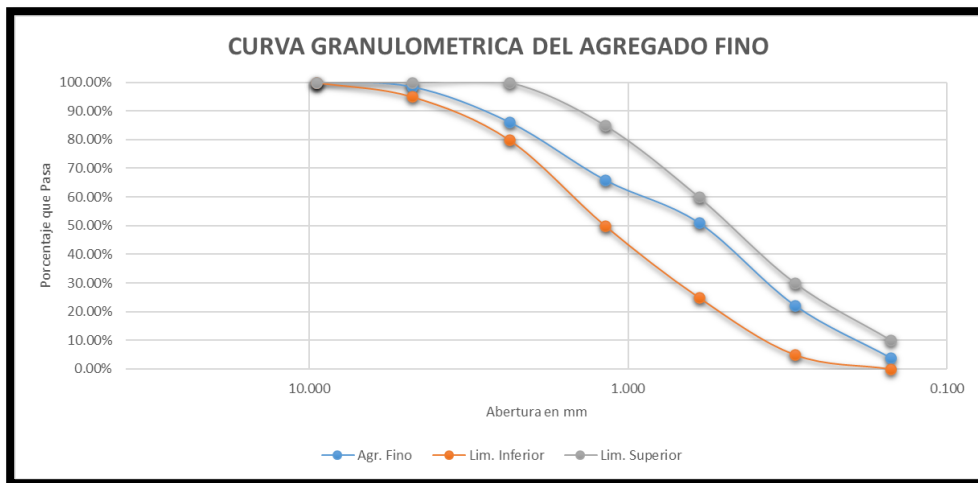
Peso inicial de la muestra 2851 g							
Malla	Tamiz Diámetro	Peso Retenido (g)	Peso Corregido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
N°4	4.75	45.00	45.00	1.58%	1.58%	98.42%	
N°8	2.36	350.00	350.00	12.28%	13.85%	86.15%	
N°16	1.18	578.00	578.00	20.27%	34.13%	65.87%	
N°30	0.60	425.00	425.00	14.91%	49.04%	50.96%	
N°50	0.30	823.00	823.00	28.87%	77.90%	22.10%	
N°100	0.15	523.00	523.00	18.34%	96.25%	3.75%	
N°200	0.08	49.00	49.00	1.72%	97.97%	2.03%	
	FONDO	8.00	58.00	2.03%	100.00%	0.00%	
TOTAL		2801.00	2851.00	100.00%			

Fuente: Propia

Nota: En la tabla 19, se tiene los porcentajes retenidos acumulados, con estos datos calcularemos el módulo de fineza, sumando los % que fueron retenidos acumulados en los tamices: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, esta cantidad será dividida entre 100 y que nos dará como resultado el módulo de fineza del A.F es igual a 2.73.

Figura 9

Curva granulométrica del A.F.



Fuente: Propia.

4.1.1.1.2 Peso específico y absorción del A.G y A.F

Esta prueba se usa para determinar la densidad promedio de partículas de árido grueso excluyendo los espacios porosos, la densidad relativa conocida también como gravedad específica y la absorción de los áridos, como señala la (NTP 400.021, 2018)

Figura 10

Peso específico y absorción del A.G.



Fuente: Propia.

Tabla 20

Peso específico y absorción del A.G.

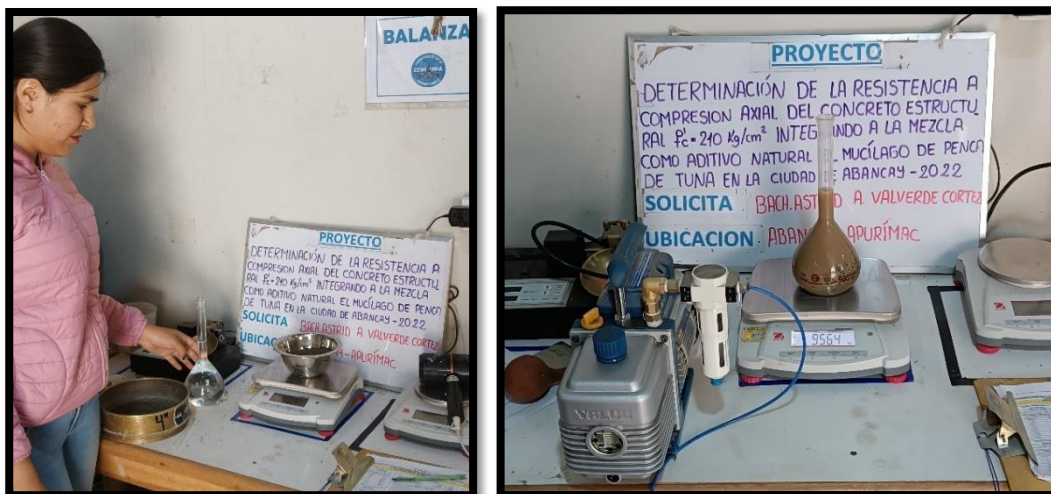
N°	Descripción	Und.	Muestra 1	Muestra 2
1	Peso de la canastilla sumergida (Pcs)	g	732.00	732.00
2	Peso de la muestra saturada con superficie seca (Psss)	g	4012.00	4052.00
3	Peso de la canastilla + Muestra saturada con SS	g	3288.00	3288.00
4	Peso del recipiente (para secado en horno)	g	155.00	155.00
5	Peso de la muestra seca + Recipiente	g	4150.00	4170.00
6	Peso de la muestra seca (Pms) (6=5-4)	g	3995.00	4015.00
7	Peso del agua absorbida (7=2-6)	g	17.00	37.00
8	Peso específico (8=6/(2-(3-1)))	g/cm ³	2.7438	2.6838
9	Capacidad de absorción (9=((2-6)/6)*100)	%	0.43	0.92
Peso específico promedio		g/cm ³	2.713415	
Capacidad de absorción promedio		%	0.67	

Fuente: Propia.

Nota: En la tabla 20, se observa que el peso específico del A.G es de 2.713415g/cm^3 o 2713.415 kg/m^3 y la capacidad de absorción de este es de 0.67% .

Figura 11

Peso específico y absorción del A.F.



Fuente: Propia.

Tabla 21

Peso específico y absorción del A.F.

Nº	Descripción	Und.	Muestra 1	Muestra 2
1	Volumen del picnómetro	ml	500.00	500.00
2	Peso del picnómetro	g	149.80	149.80
3	Peso del picnómetro + Agua	g	647.90	647.70
4	Peso de la muestra saturada con superficie seca	g	502.00	498.00
5	Peso del picnómetro + Agua + Muestra saturada con SS	g	956.30	956.50
6	Peso del recipiente (para secado en horno)	g	66.20	66.20
7	Peso de la muestra seca + Recipiente	g	556.00	552.00
8	Peso de la muestra seca (8=7-6)	g	489.80	485.80
9	Peso de la muestra sumergida (9=5-3)	g	308.40	308.80
10	Peso del agua desplazada (10=8-9)	g	181.40	177.00
11	Peso del agua absorbida (11=4-8)	g	12.20	12.20
12	Peso específico (12=8/10)	g/cm^3	2.70	2.74
13	Capacidad de absorción (13= $((4-8)/8)*100$)	%	2.49	2.51
Peso específico promedio		g/cm^3	2.722098	
Capacidad de absorción promedio		%	2.50	

Fuente: Propia.

Nota: En la tabla 21, se observa que el peso específico del árido grueso es de 2.722098g/cm³ o 2722.098 kg/m³ y la capacidad de absorción de este es de 2.50%.

4.1.1.1.3 Peso unitario del árido grueso y árido fino

Este ensayo sirve para determinar la densidad de masa del A.G y A.F en condiciones sueltas y compactadas, para determinar el porcentaje de vacíos entre cada partícula árido, como señala la (NTP 400.017, 2016).

Figura 12

Peso unitario del A.G.



Fuente: Propia.

Tabla 22

Peso unitario del A.G.

Descripción	Tamaño máximo nominal = 3/4"	Volumen molde		Promedio	
		Und.	Muestra 01		Muestra 02
A Peso del molde + AG compactado	g		20348.00	20346.00	
B Peso del molde	g		4812.00	4812.00	
C Peso del AG compactado, C = A - B	g		15536.00	15534.00	9438.95
PESO UNITARIO COMPACTADO, D = C/vol.molde	g/cm ³		1.646	1.646	-

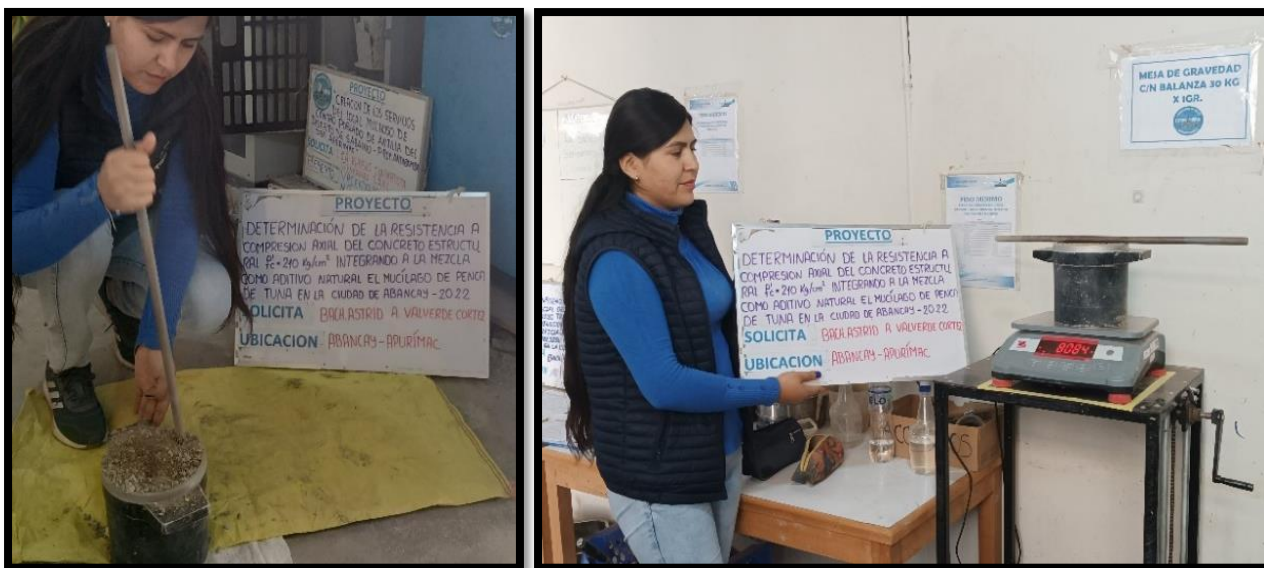
D	PESO UNITARIO COMPACTADO, D = C/vol.molde	kg/m ³	1645.946	1645.734	-	1645.84
P	PESO ESPECÍFICO PORCENTAJE DE VACÍOS ((P-G)/P)x100	kg/m ³	2713.415	2713.415	-	-
		%	39.34	39.35	-	39.34
E	Peso del molde + AG suelto	g	19128.00	18764.00		
F	Peso del AG suelto, F = E - B	g	14316.00	13952.00	9438.95	-
G	PESO UNITARIO SUELTO, G = F/vol.molde	g/cm ³	1.517	1.478		
		kg/m ³	1516.694	1478.131	-	1497.41
P	PESO ESPECÍFICO PORCENTAJE DE VACÍOS ((P- G)/P)x100	kg/m ³	2713.415	2713.415	-	-
		%	44.10	45.53	-	44.81

Fuente: Propia.

Nota: En la tabla 22, se observa que el P.U.C del A.G es de 1645.84 kg/m³ y el porcentaje de vacíos es de 39.34%. Asimismo, se observa que el P.U.S del A.G es de 1497.41 kg/m³ y el porcentaje de vacíos es de 44.81%.

Figura 13

Peso unitario del A.F.



Fuente: Propia.

Tabla 23*Peso unitario del A.F.*

	Descripción	Tamaño máximo nominal =3/8"		Volumen molde	Promedio
		Und.	Muestra 01		
A	Peso del molde + AF compactado	g	7191.00	7294.00	
B	Peso del molde	g	2008.00	2008.00	
C	Peso del AF compactado, C = A - B	g	5183.00	5286.00	2831.70
	PESO UNITARIO COMPACTADO, D = C/vol.molde	g/cm ³	1.830	1.867	-
D	PESO UNITARIO COMPACTADO, D = C/vol.molde	kg/m ³	1830.349	1866.723	-
	PESO ESPECÍFICO	kg/m ³	2722.098	2722.098	-
	PORCENTAJE DE VACÍOS	%	32.76	31.42	-
					32.09
E	Peso del molde + AF suelto	g	6420.00	6799.00	
F	Peso del AF suelto, F = E - B	g	4412.0	4791.0	2831.70
	PESO UNITARIO SUELTO, G = F/vol.molde	g/cm ³	1.558	1.692	-
G	PESO UNITARIO SUELTO, G = F/vol.molde	kg/m ³	1558.07	1691.92	-
	PESO ESPECÍFICO	kg/m ³	2722.098	2722.098	-
	PORCENTAJE DE VACÍOS	%	42.76	37.85	-
					40.30

Fuente: Propia.

Nota: En la tabla 23, se tiene como resultado que el P.U.C del A.F es de 1848.54 kg/m³ y que el porcentaje de vacíos es de 32.09%. Asimismo, se observa que el P.U.S del A.F es de 1624.996 kg/m³ y el porcentaje de vacíos es de 40.30%.

4.1.1.1.4 Contenido de humedad del árido grueso y árido fino

Este ensayo se elaboró para determinar el porcentaje total de humedad que contiene una muestra de A.G y A.F, antes de ser utilizados en la fabricación del concreto, como señala la (NTP 339.185, 2013).

Figura 14

Humedad de A.G.



Fuente: Propia.

Tabla 24

Contenido de humedad del A.G.

N°	Descripción	Und.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
1	Peso de la tara	g	154	154	154
2	Peso muestra húmeda + peso de tara	g	2447	2443	2455
3	Peso muestra seca + peso de tara	g	2444	2439	2452
4	Peso del agua (4=2-3)	g	3	4	3
5	Peso de la muestra seca (5=3-1)	g	2290	2285	2298
6	Contenido de humedad parcial (6=(4/5)*100)	%	0.13	0.18	0.13
Contenido de humedad promedio			%	0.15	

Fuente: Propia.

Figura 15

Humedad de A.F.



Fuente: Propia.

Tabla 25

Contenido de humedad del A.F.

N°	Descripción	Und.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
1	Peso de la tara	g	66	66	66
2	Peso muestra húmeda + peso de tara	g	629	621	655
3	Peso muestra seca + peso de tara	g	602	591	627
4	Peso del agua (4=2-3)	g	27	30	28
5	Peso de la muestra seca (5=3-1)	g	536	525	561
6	Contenido de humedad parcial (6=(4/5)*100)	%	5.04	5.71	4.99
Contenido de humedad promedio		%	5.25		

Fuente: Propia.

4.1.1.1.5 Estudio del mucílago de penca de tuna como aditivo natural

Adquisición de penca de tuna

La tuna o nopal como lo conocen en otros países es una planta que está compuesta por pencas o también conocidas como paletas u hojas, la misma que existe en los lugares aledaños del distrito de Abancay. Para este estudio, se utilizó el tipo de penca de tuna denominado “Opuntia ficus - indica” logrando así obtener un aproximado de 48 pencas de tuna con las siguientes dimensiones: 0.20cm de ancho y 0.40 cm de altura en promedio.

Figura 16

Descarga de pencas.



Fuente: Propia.

Para poder obtener el mucílago de penca de este tipo, se hizo primeramente extraer las espinas para poder tener una mejor manipulación de esta planta, ya que por las dimensiones de las espinas fue difícil sostenerlas con las manos.

Figura 17

Extracción de las espinas de la penca.



Fuente: Propia.

Después de haber realizado la extracción de las espinas, se precedió a cortar la penca de tuna en cuadrados pequeños para posteriormente cortar la epidermis del nopal, que tiene dos capas, una de células verdes, llamada clorénquima y otra capa interna que está formada por un cilindro de células blancas conocida como parénquima, dentro de estos tejidos existen células mucilaginosas que almacenan mucílago (Granados- Sánchez y Castañeda- Pérez, 2003).

Figura 18

Extracción del mucílago de penca.



Fuente: Propia.

Finalmente, el mucílago se licua para tener una mejor consistencia líquida y poder integrarlo al peso total de los materiales del diseño de mezclas. Se tuvieron 04 diferentes cantidades de porcentajes de integración de mucílago de penca en la mezcla del concreto, los mismos que se presentaran en el diseño de mezclas.

Figura 19

Licuada de mucílago de penca y envasado.



Fuente: Propia.

4.1.1.2 Diseño de mezclas

El diseño de mezclas se realizó con la finalidad de cuantificar las proporciones exactas de los áridos gruesos, áridos finos y la relación de agua – cemento, cuyos materiales son los que contiene un concreto integrando el mucílago de penca de tuna como aditivo natural, que servirán para poder tener una mejor resistencia de concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Para este estudio, se diseñó una mezcla de concreto patrón al cual en función al peso se le integro los porcentajes de 1.5%, 2%, 2.5% y 3% de mucílago de penca a la mezcla del concreto, en el que se utilizó cemento Sol tipo I.

Tabla 26

Resumen de los ensayos del A.G y A.F.

Descripción	Cantera Ballón	
	Agr. grueso	Agr. fino
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (pulg.)	3/4"	-
MÓDULO DE FINESA	7.24	2.73
PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	2.7134	2.722098
ABSORCIÓN (%)	0.67	2.50
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m ³)	1645.84	1848.54
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1497.41	1624.996
HUMEDAD NATURAL (%)	0.15	5.25

Fuente: Propia.

Tabla 27

Características del cemento.

Marca	Tipo	Peso específico
SOL	I	3.11 gr/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de mezcla por el método ACI 211

1. Resistencia requerida

De acuerdo a la *tabla 7*, la resistencia requerida para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$, sera:

$$f'c=210\text{kg/cm}^2$$

$$f'cr = 210\text{kg/cm}^2 + 84\text{kg/cm}^2$$

$$f'cr = 294\text{kg/cm}^2$$

2. Tamaño máximo nominal

Según el ensayo granulométrico del A.G le corresponde un:

$$\text{TMN} = 3/4''.$$

3. Asentamiento

Según la *tabla 8* para nuestro diseño requerimos que la mezcla tenga una consistencia **plástica**, correspondiente a un asentamiento de **3" a 4"** el cual sea trabajable.

4. Volumen unitario del agua

Según la *tabla 9*, el valor del agua será **205 l/m³** ya que el TMN del A.G es de 3/4" y el asentamiento deseado es 3" a 4".

5. Contenido de aire

Según la *tabla 10*, se determina que el contenido de aire atrapado para un A.G de TMN que es igual a 3/4" es de **2.00 %**.

6. Relación agua/cemento

Como nuestra resistencia requerida es de $f'c = 294 \text{ kg/cm}^2$, entonces, interpolamos según la *tabla 11*, interpolando tendremos:

250	0.61
294	X
300	0.54

$$\frac{300 - 250}{0.54 - 0.61} = \frac{300 - 294}{0.54 - X}$$

$$X = 0.5484$$

Para la resistencia requerida de 294 kg/cm^2 , se obtiene una relación agua/cemento de **0.5484**.

7. Factor cemento

El factor es el peso del cemento empleado en 1 m^3 de concreto:

$$\text{factor cemento} = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{relación agua cemento}}$$

$$\text{factor cemento} = \frac{205}{0.5484}$$

$$\text{factor cemento} = \mathbf{373.81 \text{ kg/m}^3}$$

Calculamos la cantidad de bolsas de 42.5 kg para 1 m^3 de concreto:

$$\text{Cantidad de bolsas} = \frac{373.81}{42.5} = \mathbf{8.80 \text{ bolsas/m}^3}$$

8. Agregado grueso

Como nuestro módulo de fineza del árido fino es de 2.73 , entonces, interpolamos según la *tabla 12*, interpolando tendremos:

2.80	0.62
2.73	X
3.00	0.60

$$\frac{3.00 - 2.80}{0.60 - 0.62} = \frac{3.00 - 2.73}{0.60 - X}$$

$$X = 0.627253$$

El volúmen del árido grueso será igual a 0.627253 m³.

Tenemos como resultado anteriormente calculado como muestra la *tabla 22* que el peso unitario compactado del A.G es 1645.84 kg/m³.

Teniendo los datos anteriores, calculamos el peso del árido grueso:

$$\text{Peso del AG} = \text{Volumen de AG} \times \text{peso unitario compactado de AG}$$

$$\text{Peso del AG} = 0.627253\text{m}^3 \times 1645.84\text{kg/m}^3$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = 1032.36\text{kg}$$

9. Cálculo de volúmenes absolutos

Teniendo los datos anteriores, calculamos los volúmenes absolutos:

$$\text{Cemento} = \frac{\text{factor cemento}}{\text{peso específico del cemento}} = \frac{373.81}{3.11 \times 1000} = 0.120 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{volumen unitario del agua}}{\text{peso específico del agua}} = \frac{205}{1 \times 1000} = 0.205 \text{ l}$$

$$\text{Aire} = 2\% = 0.02 \text{ m}^3$$

$$Ag. grueso = \frac{\text{peso del agregado grueso seco}}{\text{peso específico del agregado grueso}} = \frac{1032.36}{2.7134 \times 1000}$$

$$= 0.38m^3$$

$$\sum \text{Volumenes absolutos conocidos} = 0.120 + 0.205 + 0.02 + 0.38$$

$$\sum \text{Volúmenes absolutos conocidos} = 0.726m^3$$

10. Agragado fino

Teniendo los datos anteriores, calculamos el peso del árido fino:

$$\text{Volumen absoluto del agregado fino} = 1 - 0.726m^3 = 0.274m^3$$

$$\text{Peso del AF en estado seco} = \text{volumen abs. AF} \times \text{peso específico}$$

$$\text{Peso del AF en estado seco} = 0.274 \times 2.722098 \times 1000$$

$$\text{Peso del agregado fino en estado seco} = 746.773kg$$

11. Valores de diseño de mezcla

- ✓ Cemento : **373.81kg/m³** (factor cemento)
- ✓ Agua de diseño : **205l/m³** (volumen unitario de agua)
- ✓ A.F seco : **746.773kg/m³** (peso de árido fino seco)
- ✓ A.G seco : **1032.36kg/m³** (peso del árido grueso seco)

12. Corrección del contenido de humedad de los áridos

- **Árido fino**

Teniendo como dato, como muestra la *tabla 26*, el contenido de humedad = 5.25%

Calculamos el 5.25% del valor de diseño del AF = 5.25%(746.773kg/m³)

$$= 39.206kg/m^3$$

$$\text{Peso húmedo del AF} = 746.773 \text{ kg/m}^3 + 39.206 \text{ kg/m}^3 = 785.98 \text{ kg/m}^3$$

- **Árido grueso**

Teniendo como dato, como muestra la *tabla 25*, el contenido de humedad = 0.15%

Calculamos el 0.15% del valor de diseño del AG = 0.15% (1032.36 kg/m³)

$$= 1.549 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso húmedo del A.G} = 1032.36 \text{ kg/m}^3 + 1.549 \text{ kg/m}^3 = 1033.91 \text{ kg/m}^3$$

- **Humedad superficial de los áridos**

Humedad superficial del A.F : 5.25% - 2.50% = 2.75%

Humedad superficial del A.G : 0.15% - 0.67% = -0.52%

Aporte de humedad de los áridos:

Aporte humedad del A.F : 746.773 x (2.75%) = 20.53 l/m³

Aporte humedad del A.G : 1032.36 x (-0.52%) = -5.41 l/m³

$$\text{Agua efectiva: } 205 \text{ l/m}^3 + (20.53 \text{ l/m}^3 - 5.41 \text{ l/m}^3)$$

$$\text{Agua efectiva: } 205 \text{ l/m}^3 + (-1 \times 15.12) = 189.88 \text{ l/m}^3$$

13. Pesos de los materiales para 1m³

Los pesos de los materiales serán los ya corregidos por el contenido de humedad:

Tabla 28*Pesos finales para 1m3.*

Material	Und.	Cantidad
Cemento	kg/m ³	373.81
Agua efectiva	l/m ³	189.88
Agregado fino húmedo	kg/m ³	785.98
Agregado grueso húmedo	kg/m ³	1033.91

*Fuente: Propia.***14. Pesos de los materiales para 45 probetas cilíndricas****Calculamos el peso para 45 probetas:**

- ✓ Volumen de probeta : 0.00530145 m³
- ✓ Cantidad de probetas : 45 und
- ✓ Volumen total de 45 probetas : 0.23856525 m³

Pesos finales de materiales para 45 probetas:

- ✓ Cemento : 373.81kg/m³ x 0.23856525 m³ = 89.18 kg
- ✓ Agua efectiva : 189.88 kg/m³ x 0.23856525 m³ = 45.30 kg
- ✓ Árido fino húmedo : 785.98 kg/m³ x 0.23856525 m³ = 187.51 kg
- ✓ Árido grueso húmedo : 1033.91 kg/m³ x 0.23856525 m³ = 246.65 kg

PESO TOTAL PARA 45 PROBETAS = 568.65kg**Tabla 29***Pesos finales para 45 probetas.*

Material	Und.	Cantidad
Cemento	kg	89.18
Agua efectiva	kg	45.30
Agregado fino	kg	187.51
Agregado grueso	kg	246.65
TOTAL	kg	568.65

Fuente: Propia.

15. Cantidad de la integración del mucílago en función al peso de los materiales del concreto.

Tabla 30

Peso del mucílago por porcentaje de integración en el concreto.

Integración del mucílago	Probetas (und.)	Peso del concreto de 9 probetas (kg)	Peso del mucílago por cada integración (kg)	Peso del mucílago por cada integración (g)
CONCRETO PATRÓN	9.00	113.73	-	-
CP + 1.5% MUC	9.00	113.73	1.71	1705.92
CP + 2.0% MUC	9.00	113.73	2.27	2274.56
CP + 2.5% MUC	9.00	113.73	2.84	2843.20
CP + 3.0% MUC	9.00	113.73	3.41	3411.84
TOTAL	45.00	568.65	10.24	10235.53

Fuente: Propia.

Nota: En la tabla 30, se muestran las integraciones de mucílago para el vaciado de las probetas; en el concreto patrón, no se integrará el mucílago; en el 1.5% de mucílago, se utilizó 1705.92g; en el 2% de mucílago, se utilizó 2274.56g; en el 2.5% de mucílago, se utilizó 2843.20g; en el 3.0% de mucílago, se utilizó 3411.84g.

Figura 20

Peso del mucílago.



Fuente: Propia.

4.1.2 A nivel de la variable dependiente

4.1.2.1 Proceso de elaboración del concreto

Para la elaboración del concreto en el laboratorio, se hicieron 09 probetas de concreto patrón, 09 probetas de integración de 1.5% de mucílago de penca, 09 probetas de integración de 2% de mucílago de penca, 09 probetas de integración de 2.5% de mucílago de penca y 09 probetas de integración de 3% de mucílago de penca.

Para el mezclado, primeramente, se pesó el cemento, agua, árido fino y árido grueso; para el concreto patrón, posterior a esta mezcla, se realizó el peso de las cantidades de material del concreto patrón más la integración del mucílago de penca de tuna. Finalmente, se mezclaron todos los materiales, echando primero la mitad del agua junto con el árido grueso, luego el cemento y el árido fino, por último, la diferencia del agua sobrante, se giró el equipo hasta tener una mezcla uniforme.

Tabla 31

Pesos de los materiales para 9 probetas.

Materiales	Und.	Cantidad
Cemento	kg	17.84
Agua	kg	9.06
Árido fino	kg	37.50
Árido grueso	kg	49.33
TOTAL	kg	113.73

Fuente: Propia.

Tabla 32

Pesos de integración del mucílago para 9 probetas.

Integración del mucílago	Peso del mucílago por cada integración (g)
CONCRETO PATRÓN	-
CONCRETO PATRÓN + 1.5% MUC	1705.92
CONCRETO PATRÓN + 2.0% MUC	2274.56
CONCRETO PATRÓN + 2.5% MUC	2843.20
CONCRETO PATRÓN + 3.0% MUC	3411.84
TOTAL	10235.53

Fuente: Propia.

Figura 21

Materiales y mezcla del concreto.



Fuente: Propia.

Figura 22

Vaciado, desencofrado y rotulado de probetas.



Fuente: Propia.

4.1.2.2 Asentamiento del concreto

Este ensayo se realizó para determinar el asentamiento del concreto patrón, así como la integración de los porcentajes del mucílago de penca en la mezcla del concreto, la misma que se empleó con la (NTP 339.035, 2009).

Figura 23

Asentamiento de la mezcla del concreto.



Fuente: Propia.

4.1.2.2.1 Asentamiento de la mezcla del C.P

Tabla 33

Asentamiento de la mezcla del C.P.

Descripción	Asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
	Slump (cm)		Consistencia
CONCRETO PATRÓN	7.6	7.6	Plástica
	7.5		

Fuente: Propia.

4.1.2.2 Asentamiento de la mezcla del C.P más la integración del 1.5% de mucílago

Tabla 34

Asentamiento de la mezcla más el 1.5% de mucílago.

Descripción	Asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
	Slump (cm)		Consistencia
INTEGRACIÓN DE MUCÍLAGO DE 1.5%	7.7	7.8	Plástica
	7.8		

Fuente: Propia.

4.1.2.3 Asentamiento de la mezcla del C.P más la integración del 2% de mucílago

Tabla 35

Asentamiento de la mezcla más el 2% de mucílago.

Descripción	Asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
	Slump (cm)		Consistencia
INTEGRACIÓN DE MUCÍLAGO DE 2%	8.3	8.3	Plástica
	8.2		

Fuente: Propia.

4.1.2.4 Asentamiento de la mezcla del C.P más la integración del 2.5% de mucílago

Tabla 36

Asentamiento de la mezcla más el 2.5% de mucílago.

Descripción	Asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
	Slump (cm)		Consistencia
INTEGRACIÓN DE MUCÍLAGO DE 2.5%	9.4	9.4	Plástica
	9.3		

Fuente: Propia.

4.1.2.2.5 Asentamiento de la mezcla del C.P más la integración del 3% de mucílago

Tabla 37

Asentamiento de la mezcla más el 3% de mucílago.

Descripción	Asentamiento del concreto f'c=210 kg/cm ²		
	Slump (cm)		Consistencia
INTEGRACIÓN DE MUCÍLAGO DE 3%	10.2	10.2	Plástica
	10.1		

Fuente: Propia.

4.1.2.3 Comparación de asentamientos

Tabla 38

Promedios de asentamientos.

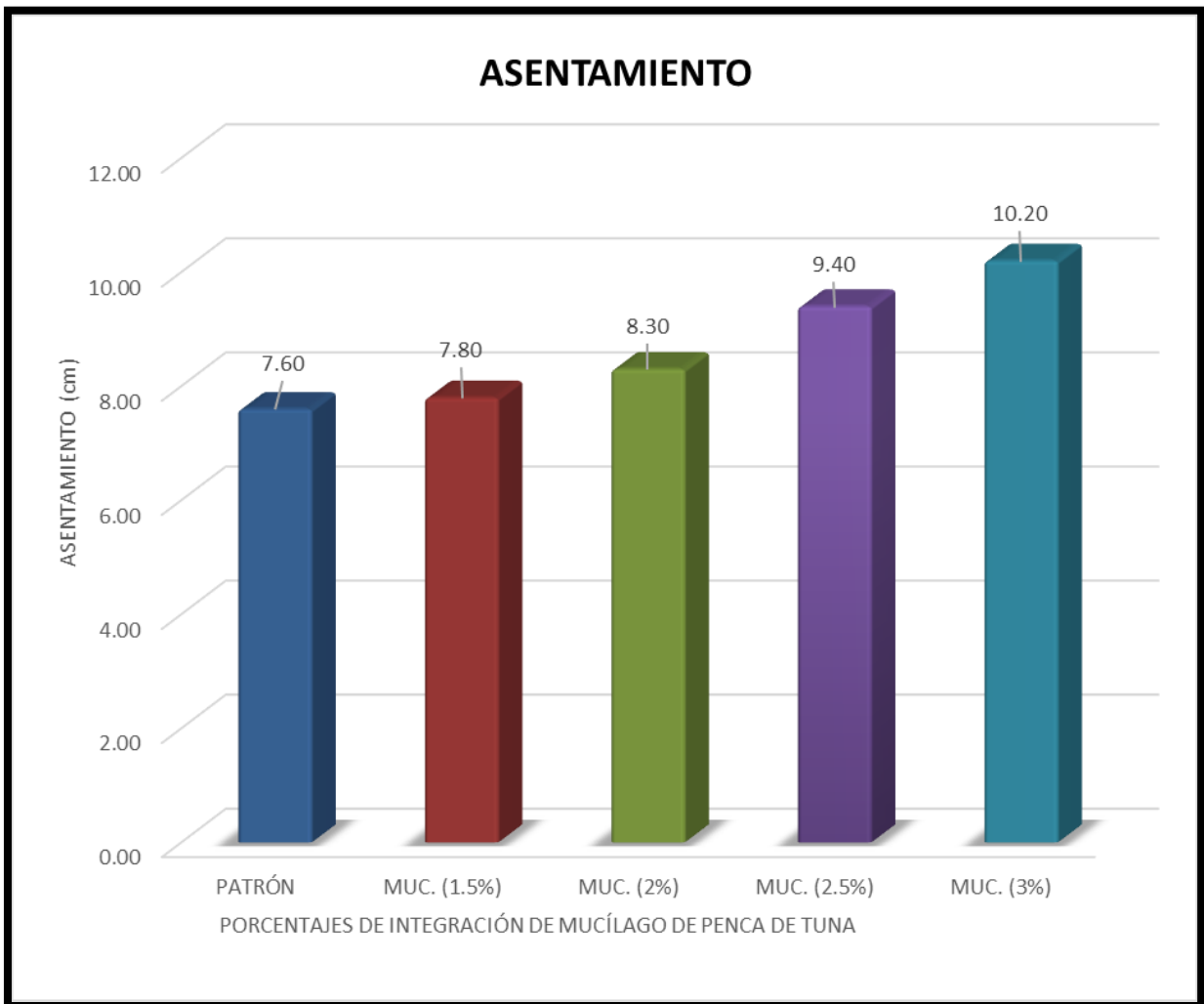
Descripción	Asentamientos promedios	
	Slump (cm)	Consistencia
CONCRETO PATRÓN	7.60	Plástica
CONCRETO PATRÓN + 1.5% MUC	7.80	Plástica
CONCRETO PATRÓN + 2.0% MUC	8.30	Plástica
CONCRETO PATRÓN + 2.5% MUC	9.40	Plástica
CONCRETO PATRÓN + 3.0% MUC	10.20	Plástica

Fuente: Propia.

Nota: Podemos observar que en la tabla 38 los asentamientos promedios que se obtuvieron de las integraciones de mucílago de penca de tuna se mantuvieron en dentro del rango 3" – 4" al igual que el concreto patrón, por lo que se puede concluir que el slump se mantuvo dentro de la consistencia plástica.

Figura 24

Asentamientos promedios de integración de mucílago.



Fuente: Propia.

Nota: La figura 24 muestra la diferencia del asentamiento obtenida en el concreto patrón y en los diferentes porcentajes de integración de mucílago de penca.

4.1.2.4 Resistencia a compresión axial

Para esta investigación, se hizo el diseño de mezclas de un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con un $f'cr=294 \text{ kg/cm}^2$. Para el ensayo de resistencia a compresión

axial, se realizaron un total de 45 probetas, las mismas que fueron divididas en 09 probetas de concreto patrón, 09 probetas con la integración del 1.5% de mucílago de penca, 09 probetas con la integración del 2% de mucílago de penca, 09 probetas con la integración del 2.5% de mucílago de penca y 09 probetas con la integración del 3% de mucílago de penca, la misma que se empleó con la (NTP 339.034, 2015).

4.1.2.4.1 Resistencia a compresión axial del C.P

Figura 25

Retiro de la cámara de curado y rotura de probetas de C.P.



(a)



(b)

Fuente: Propia.

Nota: La figura (a) muestra 03 probetas de concreto patrón, 03 probetas de 1.5% y 03 probetas de 2% y la figura (b) muestra la rotura de una probeta de C.P.

Tabla 39

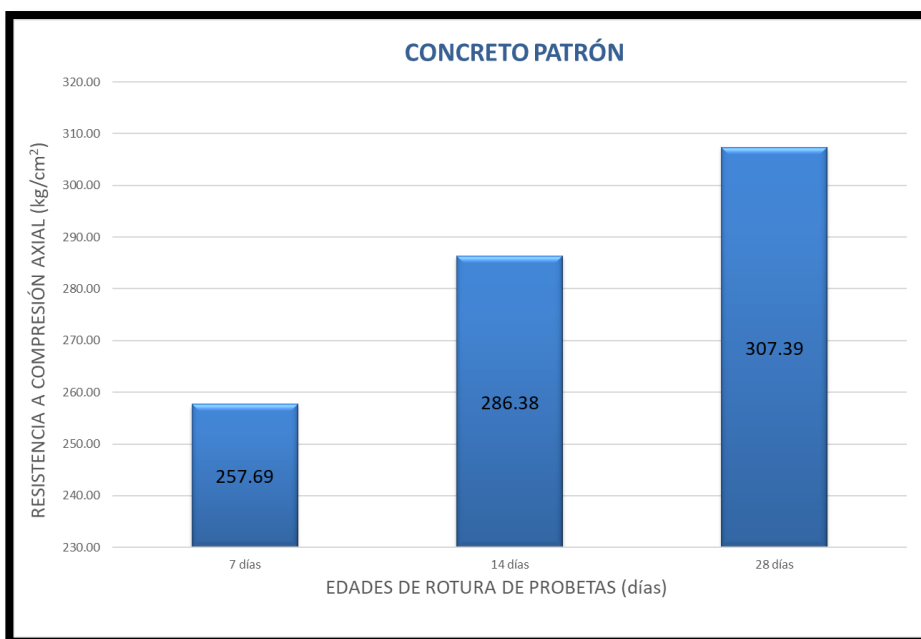
Resistencia a la compresión axial del C.P.

Muestra	N° probeta	Moldeo	Rotura	Edad	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga del dial (kg-f)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio
PATRÓN	1	18/08/2022	25/08/2022	7 días	30	15.04	177.65	44955	253.05	257.69
PATRÓN	2	18/08/2022	25/08/2022	7 días	30	15.03	177.42	46556	262.41	
PATRÓN	3	18/08/2022	25/08/2022	7 días	30	15.04	177.65	45764	257.60	
PATRÓN	4	18/08/2022	01/09/2022	14 días	30	15.05	177.89	50799	285.57	286.38
PATRÓN	5	18/08/2022	01/09/2022	14 días	30	15.11	179.31	51291	286.05	
PATRÓN	6	18/08/2022	01/09/2022	14 días	30	15.04	177.65	51078	287.52	
PATRÓN	7	18/08/2022	15/09/2022	28 días	30	15.17	180.74	55391	306.47	307.39
PATRÓN	8	18/08/2022	15/09/2022	28 días	30	15.13	179.79	55108	306.52	
PATRÓN	9	18/08/2022	15/09/2022	28 días	30	15.16	180.50	55805	309.17	

Fuente: Propia.

Figura 26

Promedio de resistencias del C.P a las edades de 7, 14 y 28 días.



Fuente: Propia.

Nota: En la figura 26, se observa la evolución de la resistencia del concreto patrón a las edades de 7, 14 y 28 días.

4.1.2.4.2 Resistencia a compresión axial del C.P más la integración del 1.5% de mucílago.

Figura 27

Rotura de probetas de C.P integrando 1.5% de MUC.



Fuente: Propia.

Tabla 40

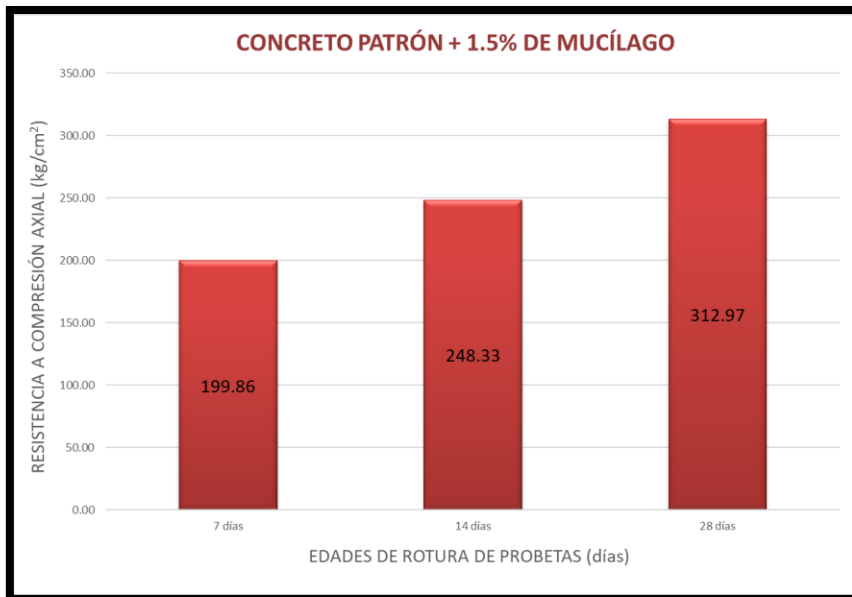
Resistencia a compresión axial del C.P más 1.5% de MUC.

Muestra	N° probeta	Moldeo	Rotura	Edad	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga del dial (kg-f)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio
+1.5%MUC	1	18/08/2022	25/08/2022	7 días	30	15.13	179.79	37858	210.57	
+1.5%MUC	2	18/08/2022	25/08/2022	7 días	30	15.18	180.98	37380	206.55	199.86
+1.5%MUC	3	18/08/2022	25/08/2022	7 días	30	15.2	181.45	33107	182.45	
+1.5%MUC	4	18/08/2022	01/09/2022	14 días	30	15.22	181.93	42899	235.80	
+1.5%MUC	5	18/08/2022	01/09/2022	14 días	30	15.19	181.21	44177	243.78	248.33
+1.5%MUC	6	18/08/2022	01/09/2022	14 días	30	15.18	180.98	48033	265.41	
+1.5%MUC	7	18/08/2022	15/09/2022	28 días	30	15.24	182.41	56354	308.94	
+1.5%MUC	8	18/08/2022	15/09/2022	28 días	30	15.22	181.93	59645	327.84	312.97
+1.5%MUC	9	18/08/2022	15/09/2022	28 días	30	15.21	181.69	54896	302.14	

Fuente: Propia.

Figura 28

Promedio de resistencias del C.P más 1.5% de MUC.



Fuente: Propia.

Nota: En la figura 28, se observa la evolución de la resistencia del C.P integrando 1.5% de mucílago de penca a las edades de 7, 14 y 28 días.

4.1.2.4.3 Resistencia a compresión axial del C.P más la integración del 2% de mucílago.

Figura 29

Rotura de probetas de C.P más 2% de MUC.



Fuente: Propia.

Tabla 41

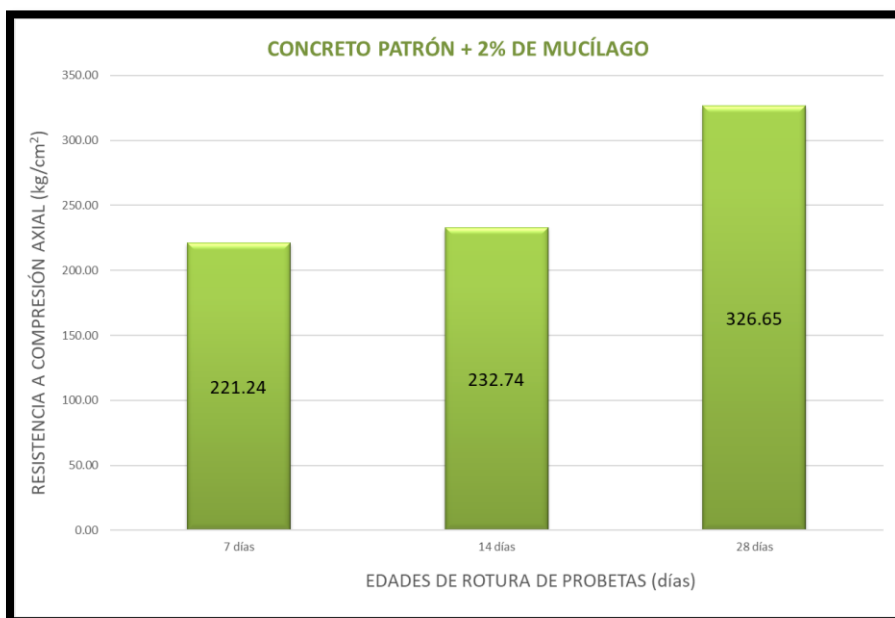
Resistencia a compresión axial del C.P más 2% de MUC.

Muestra	N° probeta	Moldeo	Rotura	Edad	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm²)	Carga del dial (kg-f)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio
+2% MUC	1	18/08/2022	25/08/2022	7 días	30	15.13	179.79	39610	220.32	221.24
+2% MUC	2	18/08/2022	25/08/2022	7 días	30	15.15	180.26	39784	220.70	
+2% MUC	3	18/08/2022	25/08/2022	7 días	30	15.05	177.89	39614	222.69	232.74
+2% MUC	4	18/08/2022	01/09/2022	14 días	30	15.18	180.98	51288	283.40	
+2% MUC	5	18/08/2022	01/09/2022	14 días	30	15.20	181.45	30442	167.77	
+2% MUC	6	18/08/2022	01/09/2022	14 días	30	15.11	179.31	44301	247.06	326.65
+2% MUC	7	18/08/2022	15/09/2022	28 días	30	15.22	181.93	56304	309.48	
+2% MUC	8	18/08/2022	15/09/2022	28 días	30	15.19	181.21	61746	340.73	
+2% MUC	9	18/08/2022	15/09/2022	28 días	30	15.11	179.31	59126	329.74	

Fuente: Propia.

Figura 30

Promedio de resistencias del C.P más 2% de MUC.



Fuente: Propia.

Nota: En la figura 30, se observa la evolución de la resistencia del C.P integrando 2% de mucílago de penca a las edades de 7, 14 y 28 días.

4.1.2.4.4 Resistencia a compresión axial del C.P más la integración del 2.5% de mucílago.

Figura 31

Rotura de probetas de C.P más 2.5% de MUC.



Fuente: Propia.

Nota: La figura (a) muestra 03 probetas de 2.5% y 03 probetas de 3% y la figura (b) muestra la rotura del 2.5%.

Tabla 42

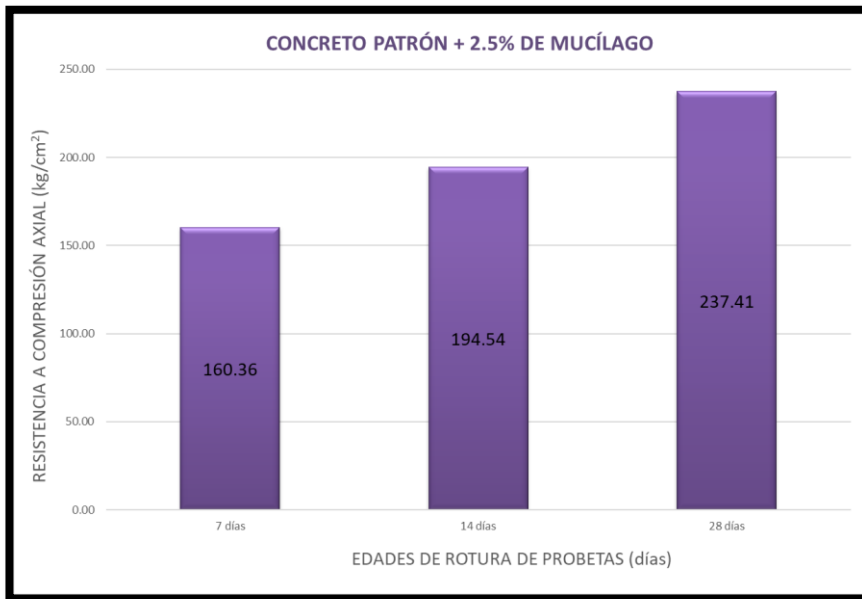
Resistencia a compresión axial del C.P más 2.5% de MUC.

Muestra	N° probeta	Moldeo	Rotura	Edad	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm²)	Carga del dial (kg-f)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio
+2.5%MUC	1	19/08/2022	26/08/2022	7 días	30	15.13	179.79	27143	150.97	
+2.5%MUC	2	19/08/2022	26/08/2022	7 días	30	15.23	182.17	27977	153.58	160.36
+2.5%MUC	3	19/08/2022	26/08/2022	7 días	30	15.18	180.98	31948	176.53	
+2.5%MUC	4	19/08/2022	02/09/2022	14 días	30	15.26	182.89	37947	207.49	
+2.5%MUC	5	19/08/2022	02/09/2022	14 días	30	15.12	179.55	31994	178.19	194.54
+2.5%MUC	6	19/08/2022	02/09/2022	14 días	30	15.25	182.65	36151	197.93	
+2.5%MUC	7	19/08/2022	16/09/2022	28 días	30	15.27	183.13	41277	225.40	
+2.5%MUC	8	19/08/2022	16/09/2022	28 días	30	15.26	182.89	49230	269.18	237.41
+2.5%MUC	9	19/08/2022	16/09/2022	28 días	30	15.24	182.41	39703	217.66	

Fuente: Propia.

Figura 32

Promedio de resistencias del C.P más 2.5% de MUC.



Fuente: Propia.

Nota: En la figura 32, se observa la evolución de la resistencia del C.P integrando 2.5% de mucílago de penca a las edades de 7, 14 y 28 días.

4.1.2.4.5 Resistencia a compresión axial del C.P más la integración del 3% de mucílago.

Figura 33

Rotura de probetas de concreto patrón más 3% de mucílago.



Fuente: Propia.

Tabla 43

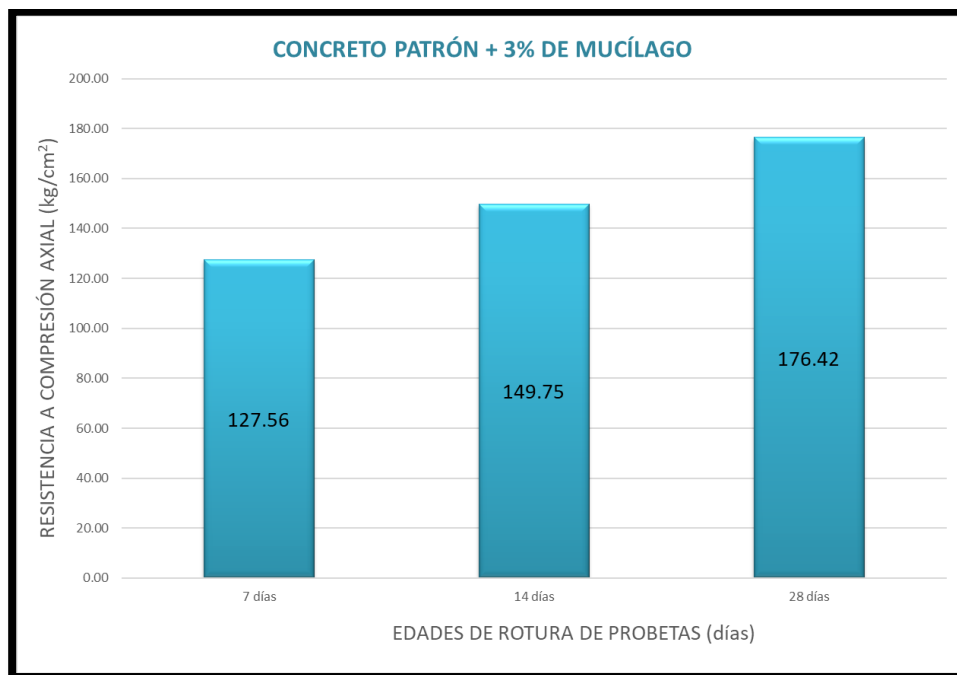
Resistencia a compresión axial del C.P más 3% de MUC.

Muestra	N° probeta	Moldeo	Rotura	Edad	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga del dial (kg-f)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio
+3% MUC	1	19/08/2022	26/08/2022	7 días	30	15.20	181.45	21769	119.97	
+3% MUC	2	19/08/2022	26/08/2022	7 días	30	15.22	181.93	22793	125.28	127.56
+3% MUC	3	19/08/2022	26/08/2022	7 días	30	15.21	181.69	24971	137.44	
+3% MUC	4	19/08/2022	02/09/2022	14 días	30	15.23	182.17	26477	145.34	
+3% MUC	5	19/08/2022	02/09/2022	14 días	30	15.19	181.21	27880	153.85	149.75
+3% MUC	6	19/08/2022	02/09/2022	14 días	30	15.21	181.69	27263	150.05	
+3% MUC	7	19/08/2022	16/09/2022	28 días	30	15.22	181.93	33305	183.06	
+3% MUC	8	19/08/2022	16/09/2022	28 días	30	15.19	181.21	30631	169.03	176.42
+3% MUC	9	19/08/2022	16/09/2022	28 días	30	15.21	181.69	32192	177.18	

Fuente: Propia.

Figura 34

Promedio de resistencias del concreto C.P 3% de MUC.



Fuente: Propia.

Nota: En la figura 34 anterior, se observa la evolución de la resistencia del C.P integrando 3% de mucílago de penca a las edades de 7, 14 y 28 días.

4.1.2.5 Comparación de la resistencia a compresión axial

Tabla 44

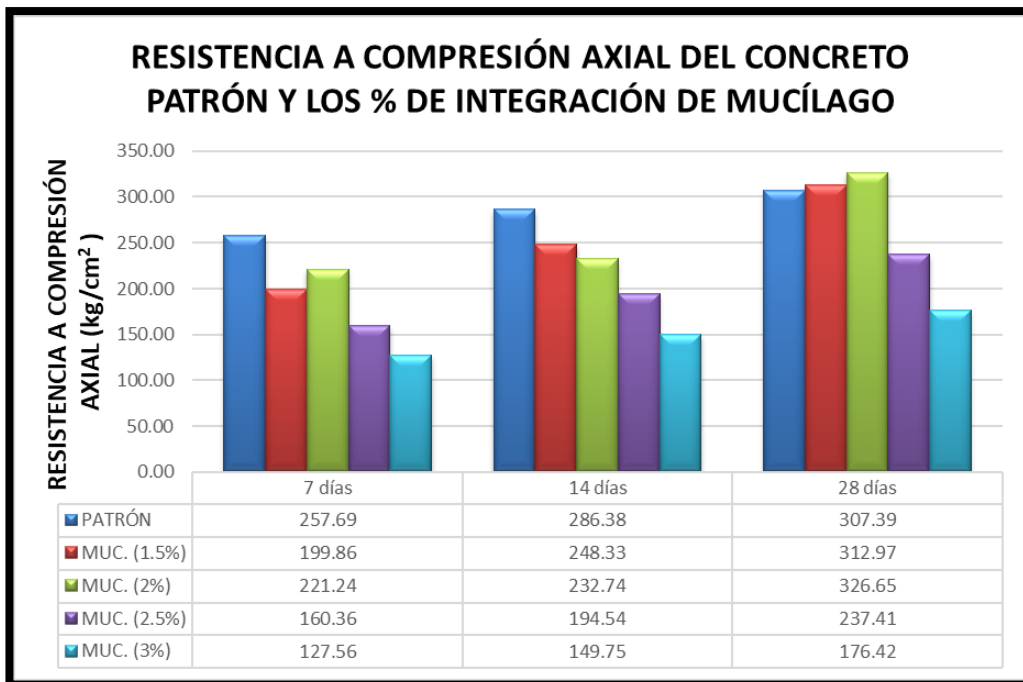
Promedios de resistencias a compresión axial.

Resistencias promedio	Edades de curado		
	7 días	14 días	28 días
RESISTENCIAS DEL CONCRETO PATRÓN	257.69	286.38	307.39
RESISTENCIAS DEL CONCRETO PATRÓN + 1.5% MUC	199.86	248.33	312.97
RESISTENCIAS DEL CONCRETO PATRÓN + 2.0% MUC	221.24	232.74	326.65
RESISTENCIAS DEL CONCRETO PATRÓN + 2.5% MUC	160.36	194.54	237.41
RESISTENCIAS DEL CONCRETO PATRÓN + 3.0% MUC	127.56	149.75	176.42

Fuente: Propia.

Figura 35

Promedios de resistencias a compresión axial.



Fuente: Propia.

Nota: En la figura 35, se observa las resistencias a compresión axial promedias del concreto patrón y los porcentajes de integración a la edad de 7, 14 y 28 días.

Tabla 45

Variación de resistencias en porcentajes con respecto al C.P.

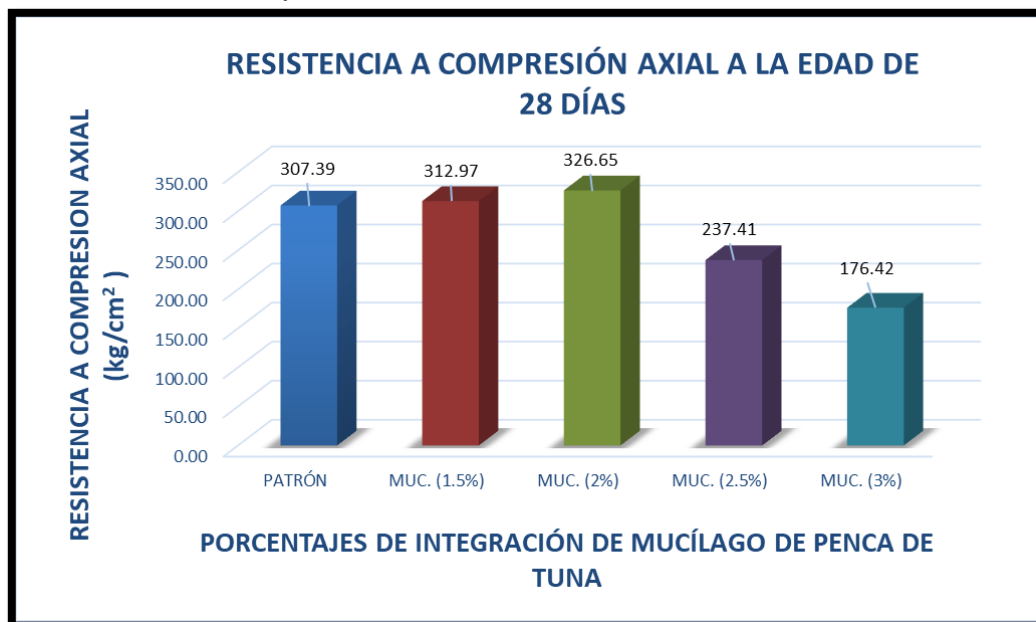
Resistencia máxima alcanzada	Edad 28 días	% Variación con respecto al concreto patrón
RESISTENCIA DEL CONCRETO PATRÓN	307.39	100.00%
RESISTENCIA DEL CONCRETO PATRÓN + 1.5% MUC	312.97	101.82%
RESISTENCIA DEL CONCRETO PATRÓN + 2.0% MUC	326.65	106.27%
RESISTENCIA DEL CONCRETO PATRÓN + 2.5% MUC	237.41	77.23%
RESISTENCIA DEL CONCRETO PATRÓN + 3.0% MUC	176.42	57.39%

Fuente: Propia.

Nota: En la tabla 45, se puede observar los porcentajes de variación como la integración de 1.5% de mucílago con respecto al concreto patrón es de 101.82%, de la integración de 2% de mucílago con respecto al concreto patrón es de 106.27%, de la integración de 2.5% de mucílago con respecto al concreto patrón es de 77.23% y de la integración de 3% de mucílago con respecto al concreto patrón es de 57.39%.

Figura 36

Resistencias a compresión axial máxima a los 28 días.



Fuente: Propia.

4.2 Discusión de resultados

I. Discusión de resultados del objetivo específico OE1:

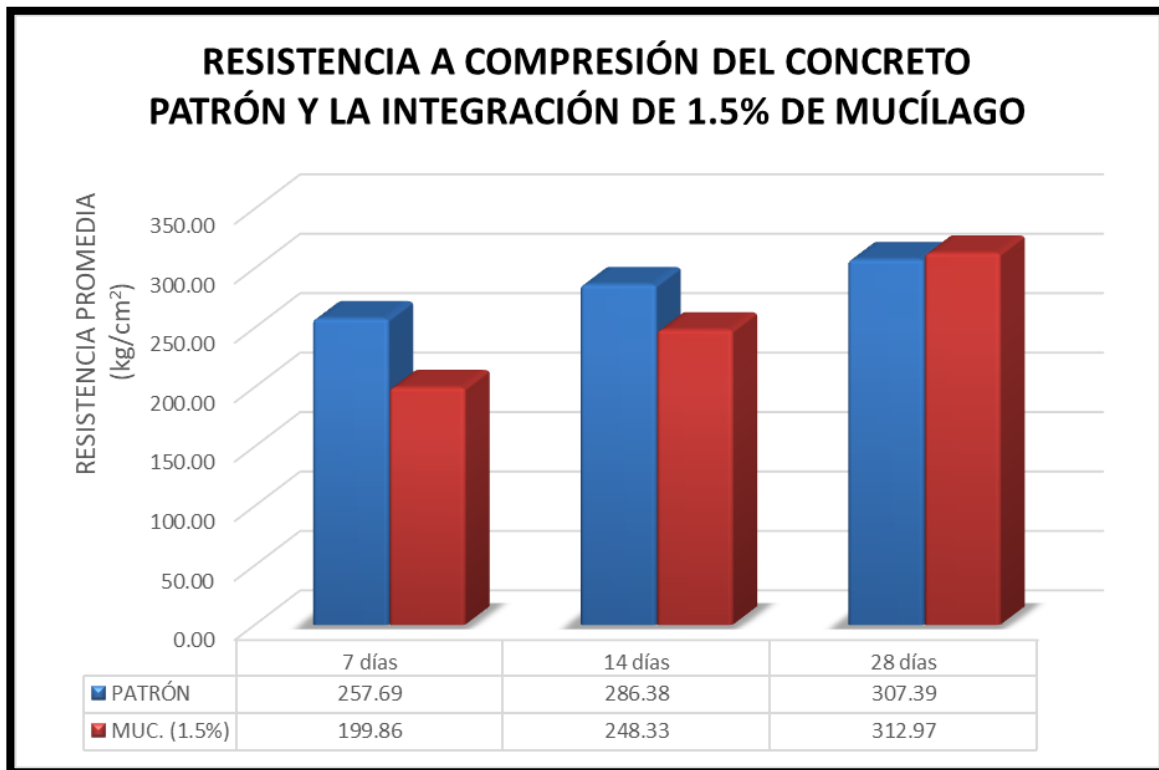
Este estudio tuvo como objetivo específico determinar de qué manera influye la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la resistencia a compresión axial de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 7, 14 y 28 días.

- Teniendo, así como resultados que a los **7 días** se obtuvo que la resistencia promedio a compresión axial del concreto patrón fue de 257.69 kg/cm^2 . Y con las integraciones de 1.5%, 2%, 2.5% y 3% se obtuvieron resistencias promedio a compresión axial de 199.86 kg/cm^2 , 221.24 kg/cm^2 , 160.36 kg/cm^2 y 127.56 kg/cm^2 respectivamente (*Tabla 44 – pág. 103*).
- A los **14 días** se obtuvo que la resistencia promedio a compresión axial del concreto patrón fue de 286.38 kg/cm^2 . Sin embargo, con las integraciones de 1.5%, 2%, 2.5% y 3% se obtuvieron resistencias promedio a compresión axial de 248.33 kg/cm^2 , 232.74 kg/cm^2 , 194.54 kg/cm^2 y 149.75 kg/cm^2 respectivamente (*Tabla 44 – pág.103*).
- Finalmente, a los **28 días** se obtuvo que la resistencia promedio a compresión axial del concreto patrón fue de 307.39 kg/cm^2 . Sin embargo, con las integraciones de 1.5%, 2%, 2.5% y 3% se obtuvieron resistencias promedio a compresión axial de 312.97 kg/cm^2 , 326.65 kg/cm^2 , 237.41 kg/cm^2 y 176.42 kg/cm^2 respectivamente (*Tabla 44 – pág.103*).

A continuación, se observa diagramas de barra para determinar de qué manera influye la integración del mucílago de penca como aditivo natural en la resistencia a compresión axial de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 7, 14 y 28 días.

Figura 37

Diferencia de la resistencia del C.P y el 1.5% de MUC.

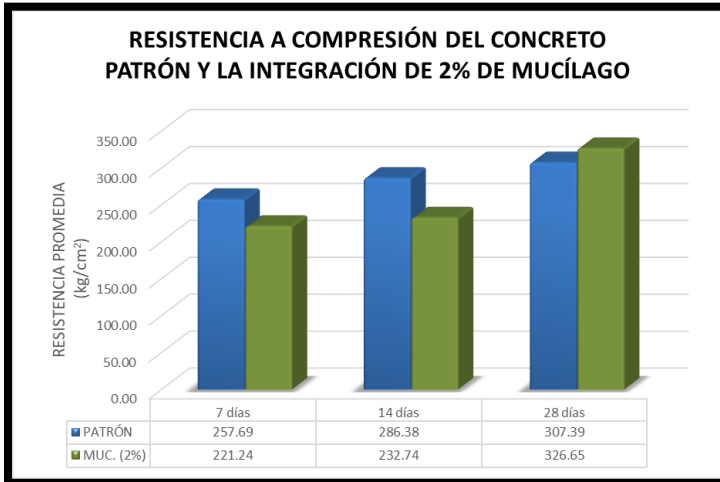


Fuente: Propia.

Nota: En la figura 37, podemos observar que la resistencia a compresión axial a los 28 días del C.P fue 307.39 kg/cm^2 y al integrar el mucílago de penca de 1.5% en la mezcla se obtuvo una resistencia a compresión axial promedio de 312.97 kg/cm^2 .

Figura 38

Diferencia de la resistencia del C.P y el 2% de MUC.

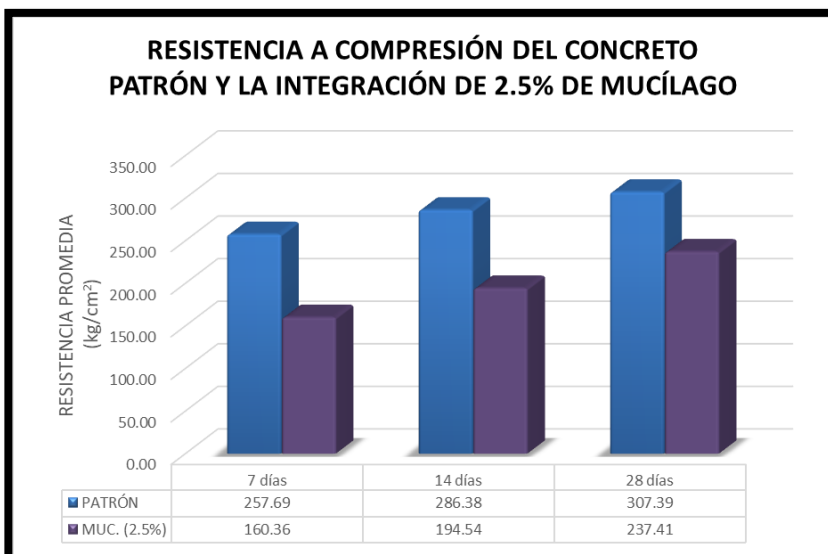


Fuente: Propia.

Nota: En la figura 38, podemos observar que la resistencia a compresión axial a los 28 días del C.P fue 307.39kg/cm² y al integrar el mucílago de penca de 2% en la mezcla, se obtuvo una resistencia a compresión axial promedio de 326.65kg/cm².

Figura 39

Diferencia de la resistencia del C.P y el 2.5% de MUC.

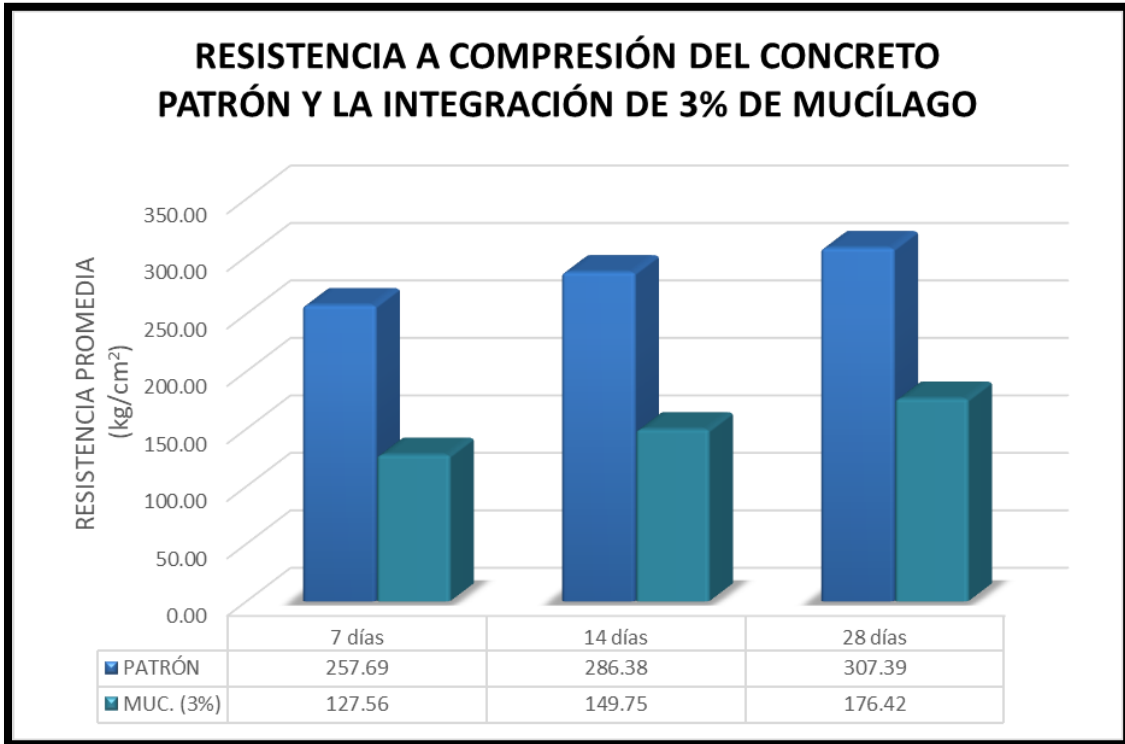


Fuente: Propia.

Nota: En la figura 39, podemos observar que la resistencia a compresión axial a los 28 días del C.P fue 307.39kg/cm² y al integrar el mucílago de penca de 2.5% en la mezcla, se obtuvo una resistencia a compresión axial promedia de 237.41kg/cm².

Figura 40

Diferencia de la resistencia del C.P y el 3% de MUC.

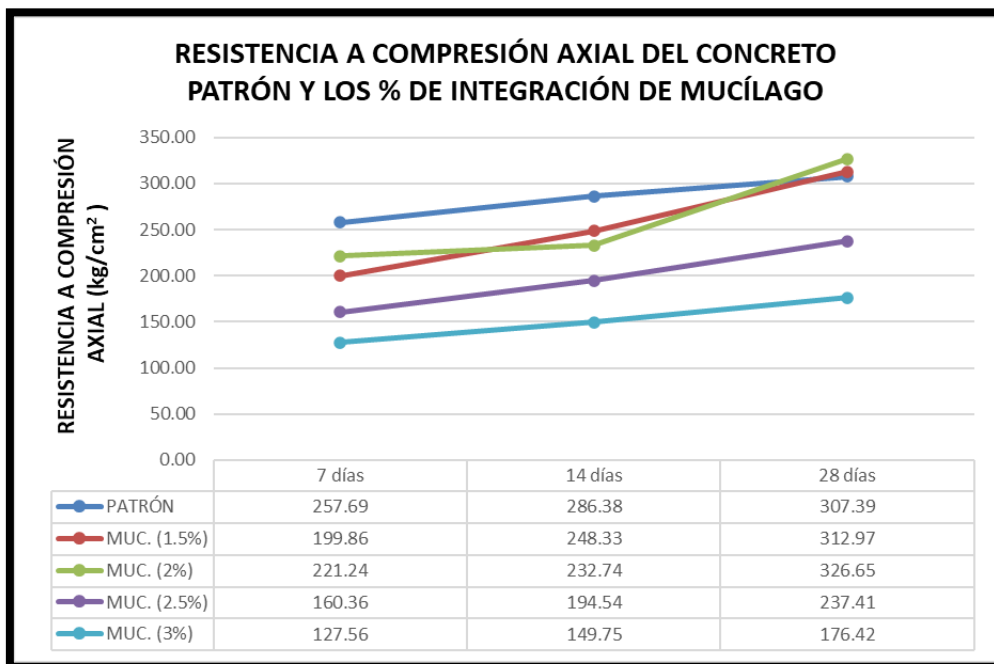


Fuente: Propia.

Nota: En la figura 40, podemos observar que la resistencia a compresión axial a los 28 días del concreto patrón fue 307.39kg/cm² y al integrar el mucílago de penca de tuna de 3% en la mezcla, se obtuvo una resistencia a compresión axial promedia de 176.42kg/cm².

Figura 41

Resistencias promedio a la edad de 7, 14 y 28 días.



Fuente: Propia.

Estos resultados tienen afinidad con los datos que obtuvo Huamán (2021) en su investigación, quien determinó que su concreto patrón y sus porcentajes de adición de mucílago de aloe vera de 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3% resultaron a los 7 días de rotura las siguientes resistencias a compresión axial respectivamente: 241.2 kg/cm², 238.3 kg/cm², 237 kg/cm², 231.4 kg/cm², 225 kg/cm² y 216.3 kg/cm². A los 14 días de rotura, las siguientes resistencias respectivamente 255.9 kg/cm², 258.9 kg/cm², 260.6 kg/cm², 262.9 kg/cm², 267.6 kg/cm² y 264.4 kg/cm². A los 28 días de rotura, las siguientes resistencias respectivamente 291 kg/cm², 294.5kg/cm², 311.4 kg/cm², 317.4 kg/cm², 333.4 kg/cm² y 322.5 kg/cm². Lo que nos indica que la integración del mucílago de aloe vera incrementa la resistencia, evidenciando así que es ideal como aditivo natural en la adición de la mezcla del concreto.

Por otro lado, estos resultados también son afines con los datos que obtuvieron Oloya R. y Ponce G. (2019) en su investigación, quienes determinaron que su concreto patrón y sus porcentajes de adición de mucílago de cactus echinopsis de 0.5%, 1% y 1.5% resultaron a los 7 días de rotura, las siguientes resistencias a compresión respectivamente 313.33 kg/cm², 313.33 kg/cm², 312.67 kg/cm² y 317.67 kg/cm². A los 28 días de rotura, las siguientes resistencias a compresión respectivamente 379 kg/cm², 382.33 kg/cm², 382 kg/cm² y 384 kg/cm². Estos resultados nos indican que la adición en la mezcla como aditivo natural el mucílago de cactus echinopsis incrementa la resistencia.

II. Discusión de resultados del objetivo específico OE2:

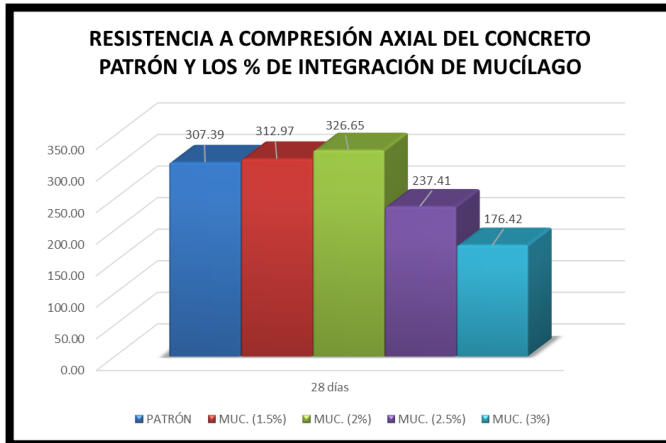
Este estudio tuvo como segundo objetivo específico reconocer el porcentaje óptimo de la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla del concreto $f'c=210$ kg/cm².

- Teniendo en cuenta que la resistencia máxima alcanzada fue a los 28 días, se obtuvo que la resistencia promedio a compresión axial del concreto patrón fue de 307.39 kg/cm² y la resistencia de integraciones de 1.5%, 2%, 2.5% y 3% fueron 312.97 kg/cm², 326.65 kg/cm², 237.41 kg/cm² y 176.42 kg/cm² respectivamente. Entonces, de los datos que se obtuvieron de la resistencia a compresión axial, la integración óptima del mucílago de penca de tuna como aditivo natural fue del 2%, ya que alcanzó una resistencia de 326.65 kg/cm², llegando al 106.27% con respecto al concreto patrón (*Tabla 45 – pág. 98*).

A continuación, se observa diagramas de barra para reconocer el porcentaje óptimo de la integración del mucílago de penca de tuna.

Figura 42

Porcentaje óptimo de la integración del mucílago.



Fuente: Propia.

Nota: De la figura 42, podemos observar que el porcentaje óptimo de integración de mucílago de penca de tuna es de 2% con una resistencia de 326.65 kg/cm².

Estos resultados presentan afinidad con los resultados de Huamán (2021) en su investigación, quien determinó que el porcentaje óptimo de adición de mucílago de aloe vera es de la adición de 2.5% ya que obtuvo una resistencia a compresión de 333.4 kg/cm². Con lo que podemos decir que la adición de mucílago de aloe vera es ideal para la mezcla del concreto.

Sin embargo, estos resultados no coinciden con los datos que obtuvieron Oloya R. y Ponce G. (2019) en su investigación, quienes determinaron que su óptimo porcentaje de adición como aditivo natural el mucílago de cactus echinopsis resultó ser el 1.5% obteniendo así una resistencia a compresión de 384 kg/cm². Evidenciando así que la adición de mucílago de cactus echinopsis es ideal para la mezcla del concreto.

III. Discusión de resultados del objetivo específico OE3

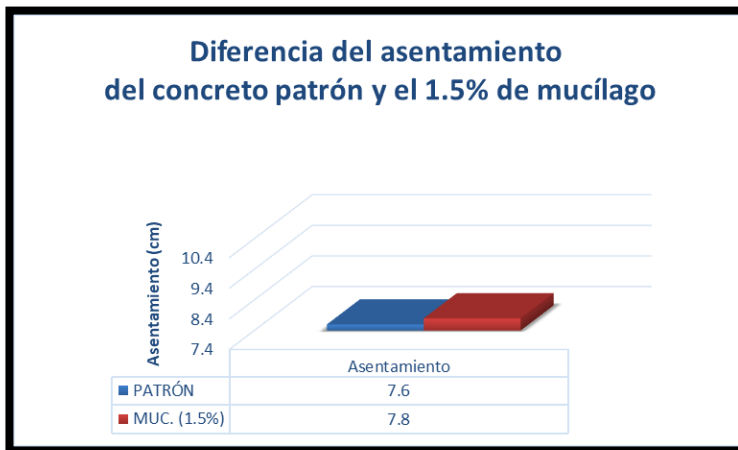
Este estudio tuvo como tercer objetivo específico determinar de qué manera influye la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en el asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

- Teniendo resultados del asentamiento promedio del concreto patrón de 7.6 cm. Sin embargo, con las integraciones de 1.5%, 2%, 2.5% y 3% se obtuvieron asentamientos promedios de 7.8cm, 8.3cm, 9.40cm, 10.20cm respectivamente (*Tabla 38 – pág. 87*).

A continuación, se observa diagramas de barra para determinar de qué manera influye la integración del mucílago de penca de tuna.

Figura 43

Diferencia del asentamiento del C.P y el 1.5% de MUC.

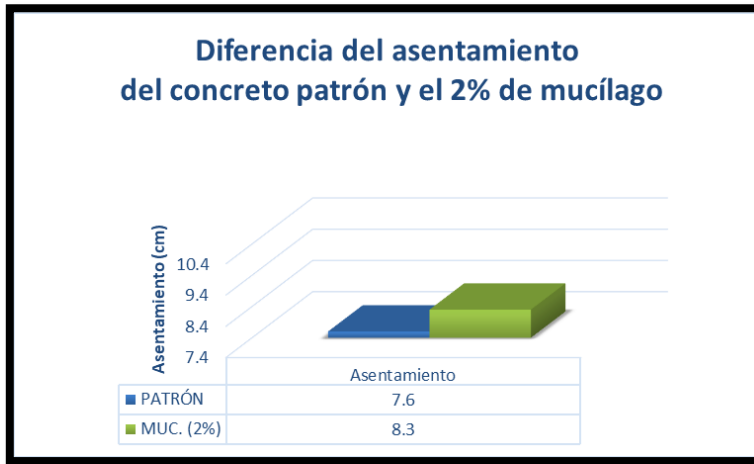


Fuente: Propia.

Nota: En la figura 43, podemos ver que el asentamiento del concreto patrón es de 7.6cm y al integrar el mucílago de penca de 1.5% en la mezcla, se obtuvo un asentamiento de 7.8cm.

Figura 44

Diferencia del asentamiento del C.P y el 2% de MUC.

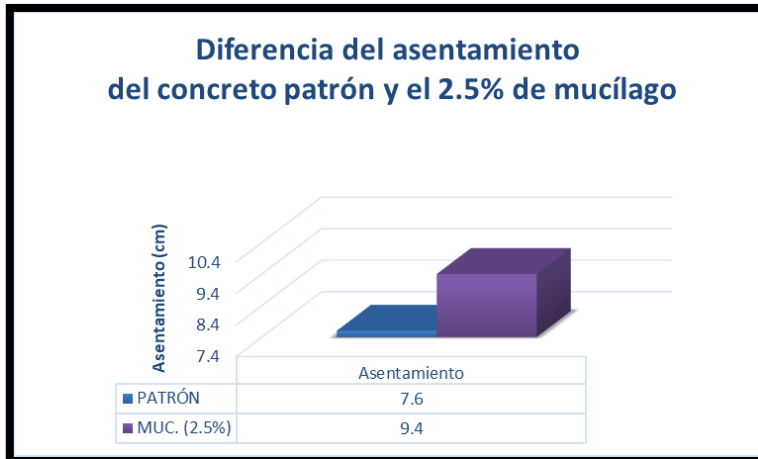


Fuente: Propia.

Nota: En la figura 44, podemos ver que el asentamiento del concreto patrón es de 7.6cm y al integrar el mucílago de penca de 2% en la mezcla, se obtuvo un asentamiento de 8.3cm.

Figura 45

Diferencia del asentamiento del C.P y el 2.5% de MUC.

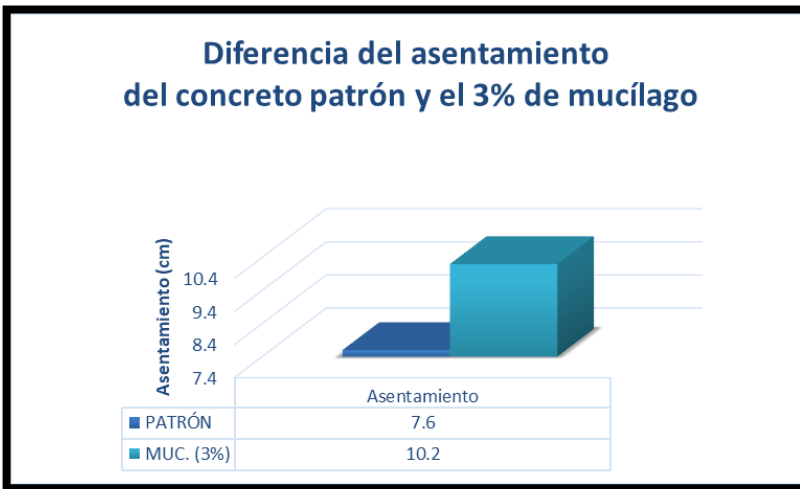


Fuente: Propia.

Nota: En la figura 45, podemos ver que el asentamiento del concreto patrón es de 7.6cm y al integrar el mucílago de penca de 2.5% en la mezcla, se obtuvo un asentamiento de 9.4cm.

Figura 46

Diferencia del asentamiento del C.P y el 3% de MUC.

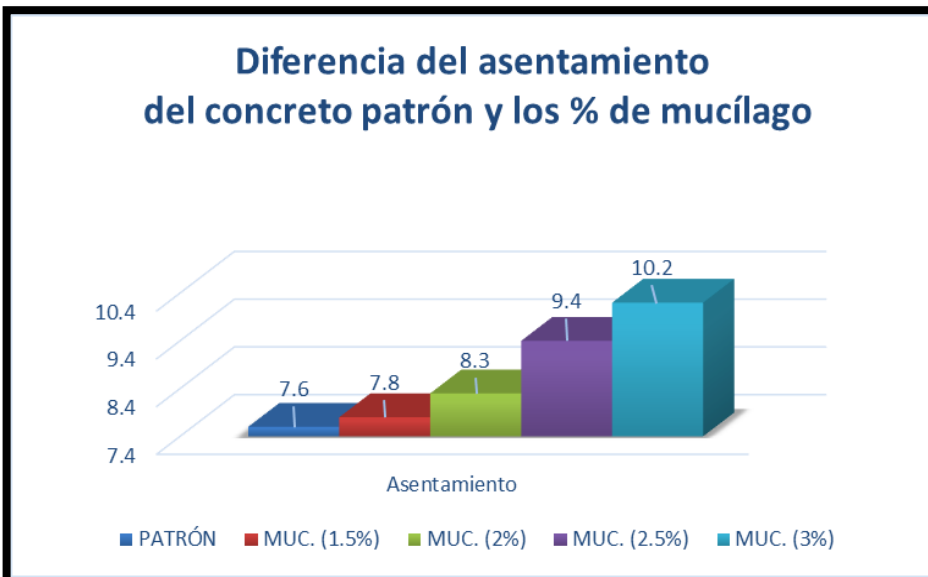


Fuente: Propia.

Nota: En la figura 46, podemos ver que el asentamiento del concreto patrón es de 7.6cm y al integrar el mucílago de penca de 3% en la mezcla, se obtuvo un asentamiento de 10.2cm.

Figura 47

Diferencia del asentamiento del C.P y los % de MUC.



Fuente: Propia.

Nota: En la figura 47, se presenta resultados donde determinamos que la integración del mucílago de penca influye en el asentamiento del concreto de manera que, a mayor porcentaje de integración de mucílago de penca de tuna, se obtendrá un asentamiento ligeramente mayor.

Estos resultados tienen afinidad con los resultados de Huamán (2021) en su investigación, quien menciona que la influencia de la adición del aloe vera en la mezcla con respecto a la consistencia se dio de manera positiva, ya que, a mayor adición de aloe vera, la mezcla presentó mayor fluidez respecto a la muestra patrón. Teniendo las siguientes adiciones 1%, 1.5%, 2%, 2.5% y 3%, obtuvo los siguientes valores de asentamiento respectivamente: 8.5cm, 9cm, 9.63cm, 10.10cm, 10.73cm. La muestra patrón tuvo como valor 7.67cm de asentamiento. Lo que indica que la adición de aloe vera en la mezcla del concreto es directamente proporcional al asentamiento del concreto.

Sin embargo, estos resultados no coinciden con los datos que obtuvieron Oloya R. y Ponce G. (2019) en su investigación, quienes determinaron que el concreto patrón y las adiciones de 0.5%, 1% y 1.5% se obtuvieron los siguientes valores respectivamente: 15.24cm, 15.87cm, 17.78cm y 19.05cm. Teniendo estos resultados, podemos decir que la consistencia del concreto se ven afectados proporcionalmente de acuerdo con la adición de mucílago de cactus echinopsis, esto debido al agua que contiene.

4.3 Prueba de hipótesis

I. Prueba estadística para la hipótesis específica HE1:

Planteamiento de hipótesis

H₀ ($\mu_1 = \mu_2$): La integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural **no influye** en la resistencia a compresión axial de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 7, 14 y 28 días.

H₁ ($\mu_1 \neq \mu_2$): La integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural **influye** en la resistencia a compresión axial de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un concreto patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 7, 14 y 28 días.

Nivel de significancia

El nivel de significancia considerado es de $\alpha = 5\% = 0.05$

Evidencia muestral

Se utilizó la distribución de “t” de student para la prueba de hipótesis, para lo cual se emplea el siguiente procedimiento, para la diferencia entre dos medias muestrales calcularemos mediante:

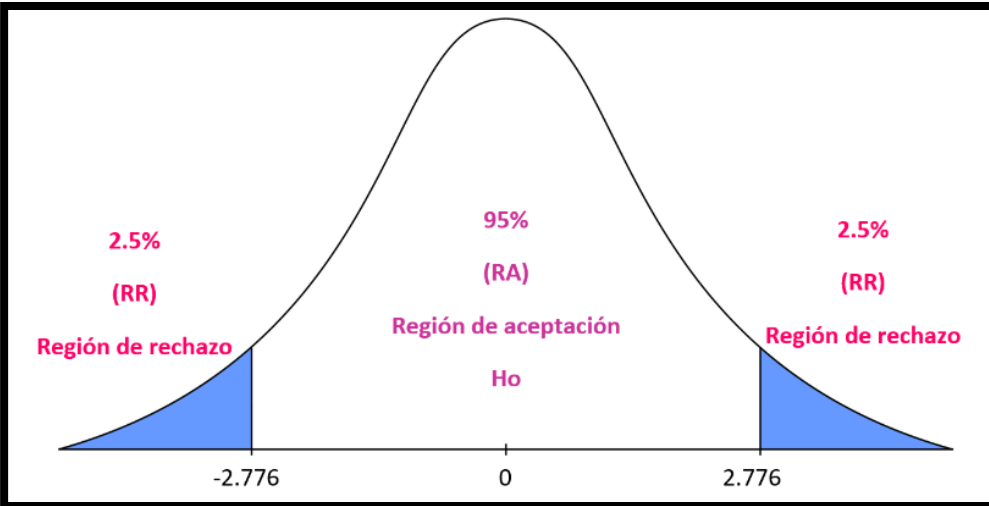
$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}}$$

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2 + \sum(Y_i - \bar{Y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Región crítica

Figura 48

Distribución "t" student.



Fuente: Propia.

Nota: En la figura 48, podemos observar el t tabular según la tabla de distribución de t de Student para un nivel de significancia 0.05 con 04 grados de libertad es ± 2.776 .

- **Resistencia a compresión axial a los 7 días**
 - Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 1.5% de integración de mucílago.

Tabla 46

Resistencia a compresión axial a los 7 días del 1.5%.

Edad	Concreto patrón + 1.5% muc	Concreto patrón
	n ₁	n ₂
7 días	210.57	253.05
	206.55	262.41
	182.45	257.60

Fuente: Propia.

Tabla 47

Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 1.5% de MUC.

N° muestras (probetas roturadas a los 7 días)	Probetas de concreto patrón + 1.5% muc			N° muestras (probetas roturadas a los 7 días)	Probetas de concreto patrón f'c=210kg/cm ²		
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²
1	210.57	10.71	114.806	1	253.05	-4.64	21.513
2	206.55	6.69	44.738	2	262.41	4.72	22.303
3	182.45	-17.40	302.877	3	257.60	-0.08	0.007
	$\bar{x} = 199.86$	$\Sigma =$	462.420		$\bar{y} = 257.69$	$\Sigma =$	43.823

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{462.420 + 43.823}{3 + 3 - 2} = 126.561$$

$$t_c = \frac{199.86 - 257.69}{\sqrt{\frac{126.561}{3} + \frac{126.561}{3}}} = -6.296$$

Tabla 48

Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 1.5% de MUC.

tc (t calculada)	Grados de libertad n ₁ + n ₂ - 2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	1- $\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
-6.296	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = -6.296 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

- **Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 2% de integración de mucílago.**

Tabla 49

Resistencia a compresión axial a los 7 días del 2%.

Edad	Concreto patrón + 2% muc	Concreto patrón
	n ₁	n ₂
7 días	220.32	253.05
	220.70	262.41
	222.69	257.60

Fuente: Propia.

Tabla 50

Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2% de MUC.

N° muestras (probetas roturadas a los 7 días)	Probetas de concreto patrón + 2% muc			N° muestras (probetas roturadas a los 7 días)	Probetas de concreto patrón f'c=210kg/cm ²		
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²
1	220.32	-0.92	0.843	1	253.05	-4.64	21.513
2	220.70	-0.53	0.286	2	262.41	4.72	22.303
3	222.69	1.45	2.110	3	257.60	-0.08	0.007
$\bar{x} =$	221.24	$\Sigma =$	3.239	$\bar{y} =$	257.69	$\Sigma =$	43.823

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{3.239 + 43.823}{3 + 3 - 2} = 11.765$$

$$t_c = \frac{221.24 - 257.69}{\sqrt{\frac{11.765}{3} + \frac{11.765}{3}}} = -13.015$$

Tabla 51

Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 2% de MUC.

tc (t calculada)	Grados de libertad n ₁ + n ₂ - 2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	1- $\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
-13.015	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = -13.015 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

- **Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 2.5% de integración de mucílago.**

Tabla 52

Resistencia a compresión axial a los 7 días del 2.5%.

Edad	Concreto patrón + 2.5% muc	Concreto patrón
	n ₁	n ₂
7 días	150.97	253.05
	153.58	262.41
	176.53	257.60

Fuente: Propia.

Tabla 53

Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2.5% de MUC.

N° muestras (probetas roturadas a los 7 días)		Probetas de concreto patrón + 2.5% muc			N° muestras (probetas roturadas a los 7 días)		Probetas de concreto patrón f'c=210kg/cm ²	
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²	
1	150.97	-9.39	88.107	1	253.05	-4.64	21.513	
2	153.58	-6.78	46.029	2	262.41	4.72	22.303	
3	176.53	16.17	261.502	3	257.60	-0.08	0.007	
	$\bar{x} = 160.36$	$\Sigma =$	395.639		$\bar{y} = 257.69$	$\Sigma =$	43.823	

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{395.639 + 43.823}{3 + 3 - 2} = 109.865$$

$$t_c = \frac{160.36 - 257.69}{\sqrt{\frac{109.865}{3} + \frac{109.865}{3}}} = -11.372$$

Tabla 54

Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 2.5% de MUC.

tc (t calculada)	Grados de libertad n ₁ + n ₂ - 2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	1- $\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
-11.372	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = -11.372 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

- **Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 3% de integración de mucílago.**

Tabla 55

Resistencia a compresión axial a los 7 días del 3%.

Edad	Concreto patrón + 3% muc	Concreto patrón
	n ₁	n ₂
7 días	119.97	253.05
	125.28	262.41
	137.44	257.60

Fuente: Propia.

Tabla 56

Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 3% de MUC.

N° muestras (probetas roturadas a los 7 días)		Probetas de concreto patrón + 3% muc			N° muestras (probetas roturadas a los 7 días)		Probetas de concreto patrón f'c=210kg/cm ²	
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²	
1	119.97	-7.59	57.653	1	253.05	-4.64	21.513	
2	125.28	-2.28	5.196	2	262.41	4.72	22.303	
3	137.44	9.87	97.467	3	257.60	-0.08	0.007	
	$\bar{x} = 127.56$	$\Sigma =$	160.317		$\bar{y} = 257.69$	$\Sigma =$	43.823	

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{160.317 + 43.823}{3 + 3 - 2} = 51.035$$

$$t_c = \frac{127.56 - 257.69}{\sqrt{\frac{51.035}{3} + \frac{51.035}{3}}} = -22.308$$

Tabla 57

Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P v 3% de MUC.

t _c (t calculada)	Grados de libertad n ₁ + n ₂ - 2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	1- $\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
-22.308	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = -22.308 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

Tabla 58

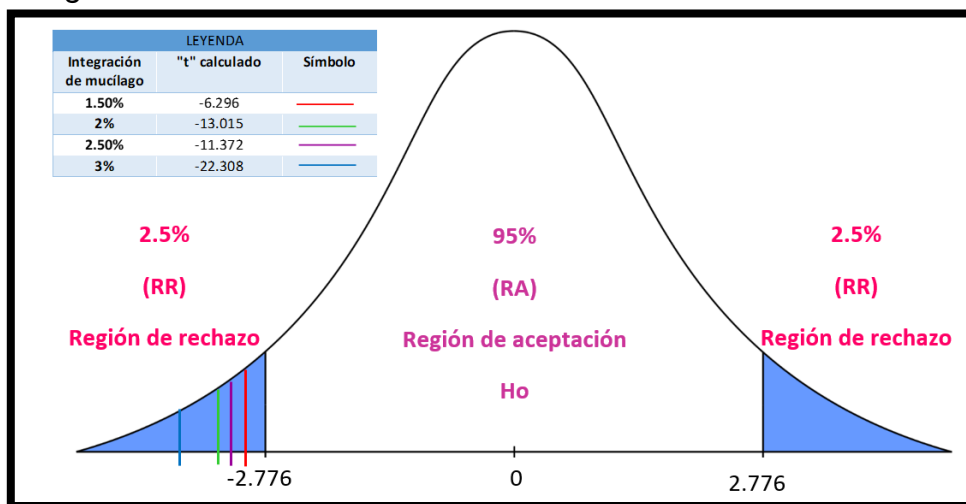
Resumen de prueba de hipótesis de resistencias - 7 días.

Integración de mucílago	"t" calculado	Nivel de significancia	Región de rechazo (RR)	Región de aceptación (RA)	Condición
1.50%	-6.296	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RR$
2%	-13.015	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RR$
2.50%	-11.372	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RR$
3%	-22.308	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RR$

Fuente: Propia.

Figura 49

Diagrama de los estadísticos de resistencias - 7 días.



Fuente: Propia.

Nota: Por lo tanto, a los 7 días que es la resistencia máxima del concreto, se puede afirmar que con un nivel de confianza de 95%, la integración de 1.5%, 2%, 2.5% y 3% de mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla, **influye** en la resistencia a compresión axial de un concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un C.P de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

- **Resistencia a compresión axial a los 14 días**
 - Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 1.5% de integración de mucílago.

Tabla 59

Resistencia a compresión axial a los 14 días del 1.5%.

Edad	Concreto patrón + 1.5% muc	Concreto patrón
	n ₁	n ₂
14 días	235.80	285.57
	243.78	286.05
	265.41	287.52

Fuente: Propia.

Tabla 60

Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 1.5% de MUC.

N° muestras (probetas roturadas a los 14 días)	Probetas de concreto patrón + 1.5 muc			N° muestras (probetas roturadas a los 14 días)	Probetas de concreto patrón f'c=210kg/cm ²		
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²
1	235.80	-12.53	157.063	1	285.57	-0.81	0.657
2	243.78	-4.55	20.682	2	286.05	-0.33	0.109
3	265.41	17.08	291.735	3	287.52	1.14	1.300
	\bar{x} = 248.33	Σ =	469.480		\bar{y} = 286.38	Σ =	2.065

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{469.480 + 2.065}{3 + 3 - 2} = 117.886$$

$$t_c = \frac{248.33 - 286.38}{\sqrt{\frac{117.886}{3} + \frac{117.886}{3}}} = -4.291$$

Tabla 61

Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 1.5% de MUC.

tc (t calculada)	Grados de libertad n ₁ + n ₂ - 2	Nivel de significancia α = 5%		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	1- $\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
-4.291	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = -4.291 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

- **Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 2% de integración de mucilago.**

Tabla 62

Resistencia a compresión axial a los 14 días del 2%.

Edad	Concreto patrón + 2% muc	Concreto patrón
	n ₁	n ₂
	283.40	285.57
14 días	167.77	286.05
	247.06	287.52

Fuente: Propia.

Tabla 63

Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2% de MUC.

N° muestras (probetas roturadas a los 14 días)	Probetas de concreto patrón + 2% muc			N° muestras (probetas roturadas a los 14 días)	Probetas de concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$		
n ₁	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	n ₂	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
1	283.40	50.65	2565.863	1	285.57	-0.81	0.657
2	167.77	-64.97	4221.706	2	286.05	-0.33	0.109
3	247.06	14.32	205.071	3	287.52	1.14	1.300
	$\bar{x} = 232.74$		$\Sigma = 6992.641$		$\bar{y} = 286.38$		$\Sigma = 2.065$

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{6992.641 + 2.065}{3 + 3 - 2} = 1748.676$$

$$t_c = \frac{232.74 - 286.38}{\sqrt{\frac{1748.676}{3} + \frac{1748.676}{3}}} = -1.571$$

Tabla 64

Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y el 2% de MUC.

Tc (t calculada)	Grados de libertad n ₁ + n ₂ - 2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	$1-\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
-1.571	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = -1.571 \in$ a la región de aceptación \Rightarrow Aceptamos la hipótesis nula H_0 y rechazamos la hipótesis alterna H_1 .

- **Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 2.5% de integración de mucílago.**

Tabla 65

Resistencia a compresión axial a los 14 días del 2.5%.

Edad	Concreto patrón + 2.5% muc	Concreto patrón
	n ₁	n ₂
	207.49	285.57
14 días	178.19	286.05
	197.93	287.52

Fuente: Propia.

Tabla 66

Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2.5% de MUC.

N° muestras (probetas roturadas a los 14 días)	Probetas de concreto patrón + 2.5% muc			N° muestras (probetas roturadas a los 14 días)	Probetas de concreto patrón f'c=210kg/cm ²			
	n ₁	x	x - \bar{x}		(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}
1	207.49	12.95	167.756	1	285.57	-0.81	0.657	
2	178.19	-16.34	257.102	2	286.05	-0.33	0.109	
3	197.93	3.39	11.50	3	287.52	1.14	1.300	
	$\bar{x} =$	194.54	$\Sigma =$	446.358	$\bar{y} =$	286.38	$\Sigma =$	2.065

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{446.358 + 2.065}{3 + 3 - 2} = 112.106$$

$$t_c = \frac{194.54 - 286.38}{\sqrt{\frac{112.106}{3} + \frac{112.106}{3}}} = -10.623$$

Tabla 67

Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 2.5% de MUC.

tc (t calculada)	Grados de libertad n ₁ + n ₂ - 2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	1- $\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
-10.623	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = -10.623 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

- **Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 3% de integración de mucílago.**

Tabla 68

Resistencia a compresión axial a los 14 días del 3%.

Edad	Concreto patrón + 3% muc	Concreto patrón
	n ₁	n ₂
	145.34	285.57
14 días	153.85	286.05
	150.05	287.52

Fuente: Propia.

Tabla 69

Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 3% de MUC.

N° muestras (probetas roturadas a los 14 días)		Probetas de concreto patrón + 3% muc			N° muestras (probetas roturadas a los 14 días)		Probetas de concreto patrón f'c=210kg/cm ²		
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²		
1	145.34	-4.41	19.410	1	285.57	-0.81	0.657		
2	153.85	4.10	16.834	2	286.05	-0.33	0.109		
3	150.05	0.30	0.092	3	287.52	1.14	1.300		
$\bar{x} =$		149.75	$\Sigma =$	36.336	$\bar{y} =$	286.38	$\Sigma =$	2.065	

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{36.336 + 2.065}{3 + 3 - 2} = 9.6$$

$$t_c = \frac{149.75 - 286.38}{\sqrt{\frac{9.6}{3} + \frac{9.6}{3}}} = -54.006$$

Tabla 70

Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 3% de MUC.

tc (t calculada)	Grados de libertad n ₁ + n ₂ - 2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	1- $\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
-54.006	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = -54.006 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

Tabla 71

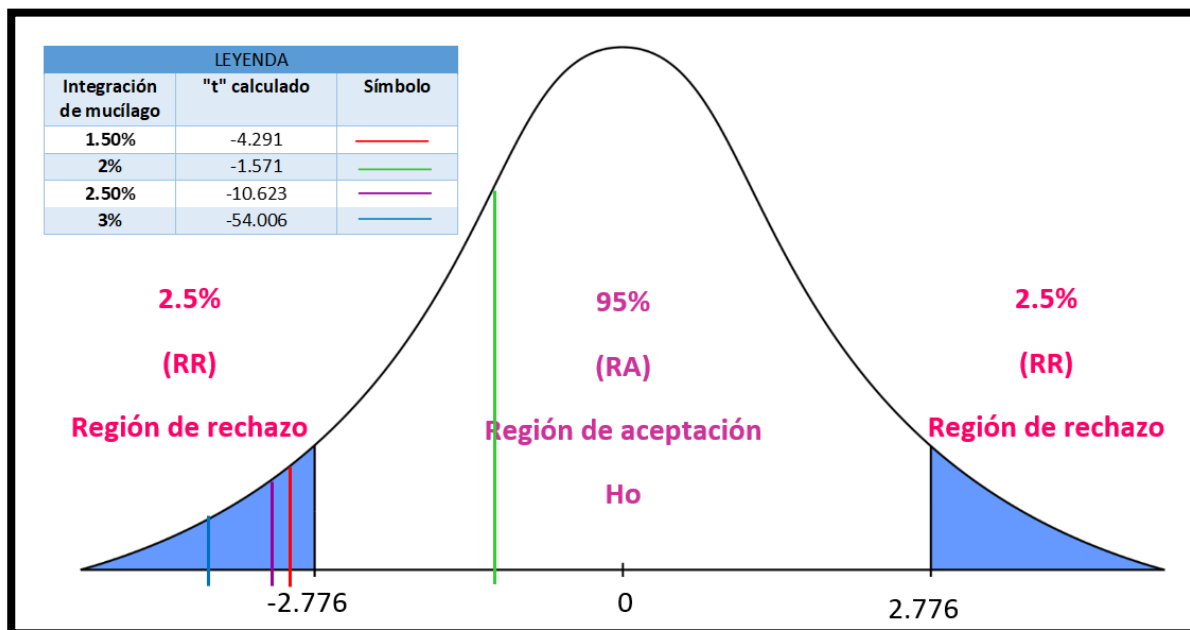
Resumen de prueba de hipótesis de resistencias - 14 días.

Integración de mucílago	"t" calculado	Nivel de significancia	Región de rechazo (RR)	Región de aceptación (RA)	Condición
1.50%	-4.291	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RR$
2%	-1.571	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RA$
2.50%	-10.623	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RR$
3%	-54.006	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RR$

Fuente: Propia.

Figura 50

Diagrama de los estadísticos de resistencias - 14 días.



Fuente: Propia.

Nota: Por lo tanto, a los 14 días que es la resistencia máxima del concreto se puede afirmar que con un nivel de confianza de 95%, la integración de 1.5% de mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla, **no influye** en la resistencia a

compresión axial de un concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un C.P de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ y la integración de 2%, 2.5% y 3% de mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla, **influye** en la resistencia a compresión axial de un concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un C.P de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

- **Resistencia a compresión axial a los 28 días**
 - **Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 1.5% de integración de mucílago.**

Tabla 72

Resistencia a compresión axial a los 28 días del 1.5%.

Edad	Concreto patrón + 1.5% muc	Concreto patrón
	n1	n2
28 días	308.94	306.47
	327.84	306.52
	302.14	309.17

Fuente: Propia.

Tabla 73

Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 1.5% de MUC.

N° muestras (probetas roturadas a los 28 días)	Probetas de concreto patrón + 1.5 muc			N° muestras (probetas roturadas a los 28 días)	Probetas de concreto patrón $f'_c=210\text{kg/cm}^2$			
	n_1	x	$x - \bar{x}$		$(x - \bar{x})^2$	n_2	y	$y - \bar{y}$
1	308.94	-4.03	16.260	1	306.47	-0.92	0.838	
2	327.84	14.87	221.099	2	306.52	-0.87	0.752	
3	302.14	-10.84	117.441	3	309.17	1.78	3.177	
	$\bar{x} =$	312.97	$\Sigma =$	354.800	$\bar{y} =$	307.39	$\Sigma =$	4.767

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{354.800 + 4.767}{3 + 3 - 2} = 89.892$$

$$t_c = \frac{312.97 - 307.39}{\sqrt{\frac{89.892}{3} + \frac{89.892}{3}}} = 0.722$$

Tabla 74*Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 1.5% de MUC.*

tc (t calculada)	Grados de libertad $n_1 + n_2 - 2$	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	$1-\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
0.722	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = 0.722 \in$ a la región de aceptación \Rightarrow Aceptamos la hipótesis nula H_0 y rechazamos la hipótesis alterna H_1 .

- **Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 2% de integración de mucílago.**

Tabla 75*Resistencia a compresión axial a los 28 días del 2%.*

Edad	Concreto patrón + 2% muc	Concreto patrón
	n_1	n_2
	309.48	306.47
28 días	340.73	306.52
	329.74	309.17

Fuente: Propia.

Tabla 76*Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2% de MUC.*

N° muestras (probetas roturadas a los 28 días)		Probetas de concreto patrón + 2% muc			N° muestras (probetas roturadas a los 28 días)		Probetas de concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$	
n_1	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	n_2	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	
1	309.48	-17.17	294.864	1	306.47	-0.92	0.838	
2	340.73	14.08	198.324	2	306.52	-0.87	0.752	
3	329.74	3.09	9.541	3	309.17	1.78	3.177	
	$\bar{x} = 326.65$	$\Sigma =$	502.729		$\bar{y} = 307.39$	$\Sigma =$	4.767	

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{502.729 + 4.767}{3 + 3 - 2} = 126.874$$

$$t_c = \frac{326.65 - 307.39}{\sqrt{\frac{126.874}{3} + \frac{126.874}{3}}} = 2.095$$

Tabla 77

Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y el 2% de MUC.

Tc (t calculada)	Grados de libertad n ₁ + n ₂ - 2	Nivel de significancia α = 5%		tt (t tabular)	
		α/2	1-α/2	Límite superior	Límite inferior
2.095	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como tc = 2.095 ∈ a la región de aceptación ⇒ Aceptamos la hipótesis nula H₀ y rechazamos la hipótesis alterna H₁.

- **Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 2.5% de integración de mucílago.**

Tabla 78

Resistencia a compresión axial a los 28 días del 2.5%.

Edad	Concreto patrón + 2.5% muc	Concreto patrón
	n ₁	n ₂
28 días	225.40	306.47
	269.18	306.52
	217.66	309.17

Fuente: Propia.

Tabla 79

Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 2.5% de MUC.

N° muestras (probetas roturadas a los 28 días)	Probetas de concreto patrón + 2.5% muc			N° muestras (probetas roturadas a los 28 días)	Probetas de concreto patrón f'c=210kg/cm ²		
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²
1	225.40	-12.01	144.323	1	306.47	-0.92	0.838
2	269.18	31.77	1009.180	2	306.52	-0.87	0.752
3	217.66	-19.75	390.226	3	309.17	1.78	3.177
$\bar{x} =$	237.41	$\Sigma =$	1543.726	$\bar{y} =$	307.39	$\Sigma =$	4.767

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{1543.726 + 4.767}{3 + 3 - 2} = 387.124$$

$$t_c = \frac{237.41 - 307.39}{\sqrt{\frac{387.124}{3} + \frac{387.124}{3}}} = -4.356$$

Tabla 80

Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y 2.5% de MUC.

tc (t calculada)	Grados de libertad $n_1 + n_2 - 2$	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	$1-\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
-4.356	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = -4.356 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

- **Diferencia de la resistencia a compresión axial de la muestra del C.P con el 3% de integración de mucílago.**

Tabla 81

Resistencia a compresión axial a los 28 días del 3%.

Edad	Concreto patrón + 3% muc	Concreto patrón
	n_1	n_2
	183.06	306.47
28 días	169.03	306.52
	177.18	309.17

Fuente: Propia.

Tabla 82

Diferencia de medias de resistencias del C.P y el 3% de MUC.

N° muestras (probetas roturadas a los 28 días)		Probetas de concreto patrón + 3% muc		N° muestras (probetas roturadas a los 28 días)		Probetas de concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$	
n_1	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	n_2	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
1	183.06	6.64	44.077	1	306.47	-0.92	0.838
2	169.03	-7.39	54.659	2	306.52	-0.87	0.752
3	177.18	-0.75	0.569	3	309.17	1.78	3.177
	$\bar{x} = 176.42$	$\Sigma =$	99.304		$\bar{y} = 307.39$	$\Sigma =$	4.767

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{99.304 + 4.767}{3 + 3 - 2} = 26.018$$

$$t_c = \frac{176.42 - 307.39}{\sqrt{\frac{26.018}{3} + \frac{26.018}{3}}} = -31.445$$

Tabla 83

Tabulación de hipótesis de resistencias del C.P y el 3% de MUC.

tc (t calculada)	Grados de libertad $n_1 + n_2 - 2$	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	$1-\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
-31.445	4	0.025	0.975	-2.776	2.776

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = -31.445 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

Tabla 84

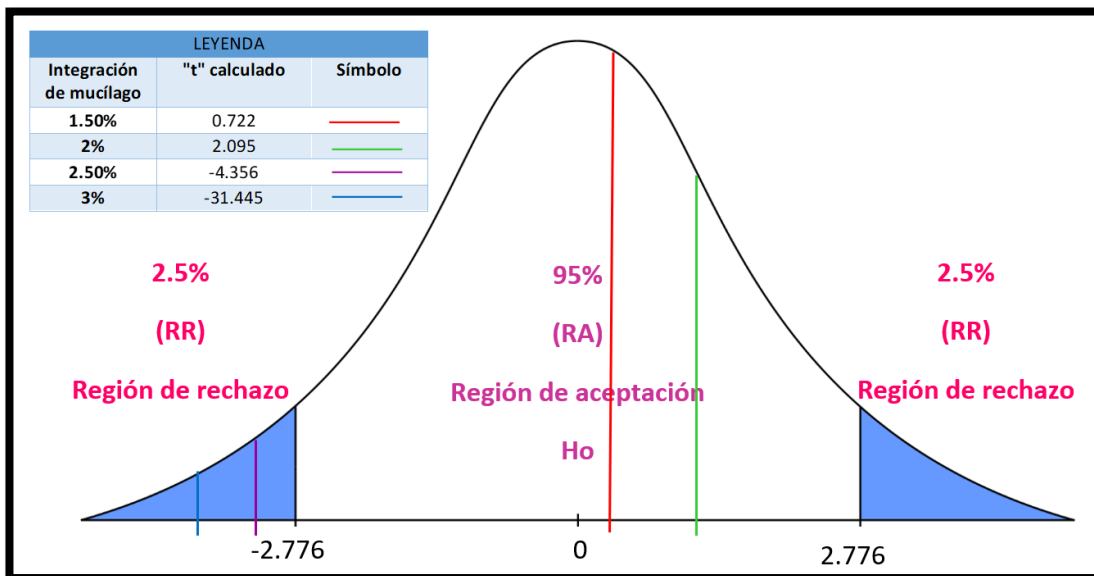
Resumen de prueba de hipótesis de resistencias - 28 días.

Integración de mucílago	"t" calculado	Nivel de significancia	Región de rechazo (RR)	Región de aceptación (RA)	Condición
1.50%	0.722	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RA$
2%	2.095	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RA$
2.50%	-4.356	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RR$
3%	-31.445	0.025	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$	$(-2.776 \leq t_c \leq 2.776)$	$t_c \in RR$

Fuente: Propia.

Figura 51

Diagrama de los estadísticos de resistencias - 28 días.



Fuente: Propia.

Nota: Por lo tanto, a los 28 días que es la resistencia máxima del concreto, se puede afirmar que con un nivel de confianza de 95%, la integración de 1.5% y 2% de mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla, **no influye** en la resistencia a compresión axial de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un C.P de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y la integración de 2.5% y 3% de mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla, **influye** en la resistencia a compresión axial de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ respecto a un C.P de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 85

Resumen de la prueba de hipótesis para la HE1.

Resultados de la prueba de hipótesis para la hipótesis específica HE1								
7 días			14 días			28 días		
Integración de mucílago	"t" calculado	Condición	Integración de mucílago	"t" calculado	Condición	Integración de mucílago	"t" calculado	Condición
1.50%	-6.296	tc ∈ RR	1.50%	-4.291	tc ∈ RR	1.50%	0.722	tc ∈ RA
2%	-13.015	tc ∈ RR	2%	-1.571	tc ∈ RA	2%	2.095	tc ∈ RA
2.50%	-11.372	tc ∈ RR	2.50%	-10.623	tc ∈ RR	2.50%	-4.356	tc ∈ RR
3%	-22.308	tc ∈ RR	3%	-54.006	tc ∈ RR	3%	-31.445	tc ∈ RR

Fuente: Propia.

II. Prueba estadística para la hipótesis específica HE2:

Planteamiento de hipótesis

$H_0 (\mu_1 = \mu_2)$: En la mezcla del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, **no se reconoce** el porcentaje óptimo de la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural.

$H_1 (\mu_1 \neq \mu_2)$: En la mezcla del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, **se reconoce** el porcentaje óptimo de la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural.

Teniendo en cuenta que la resistencia máxima alcanzada fue a los 28 días, se reconoce que la integración óptima del mucílago de penca como aditivo natural es del 2% como se muestra en la figura 40, consideramos los resultados de la *tabla 76*, *tabla 77* y *tabla 78*.

III. Prueba estadística para la hipótesis específica HE3:

Planteamiento de hipótesis

H₀ ($\mu_1 = \mu_2$): La integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural **no influye** en el asentamiento del concreto $f'c=210$ kg/cm².

H₁ ($\mu_1 \neq \mu_2$): La integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural **influye** en el asentamiento del concreto $f'c=210$ kg/cm².

Nivel de significancia

El nivel de significancia considerado es de $\alpha = 5\% = 0.05$

Evidencia muestral

Se utilizó la distribución de “t” de student para la prueba de hipótesis, para lo cual se emplea el siguiente procedimiento, para la diferencia entre dos medias muestrales calcularemos mediante:

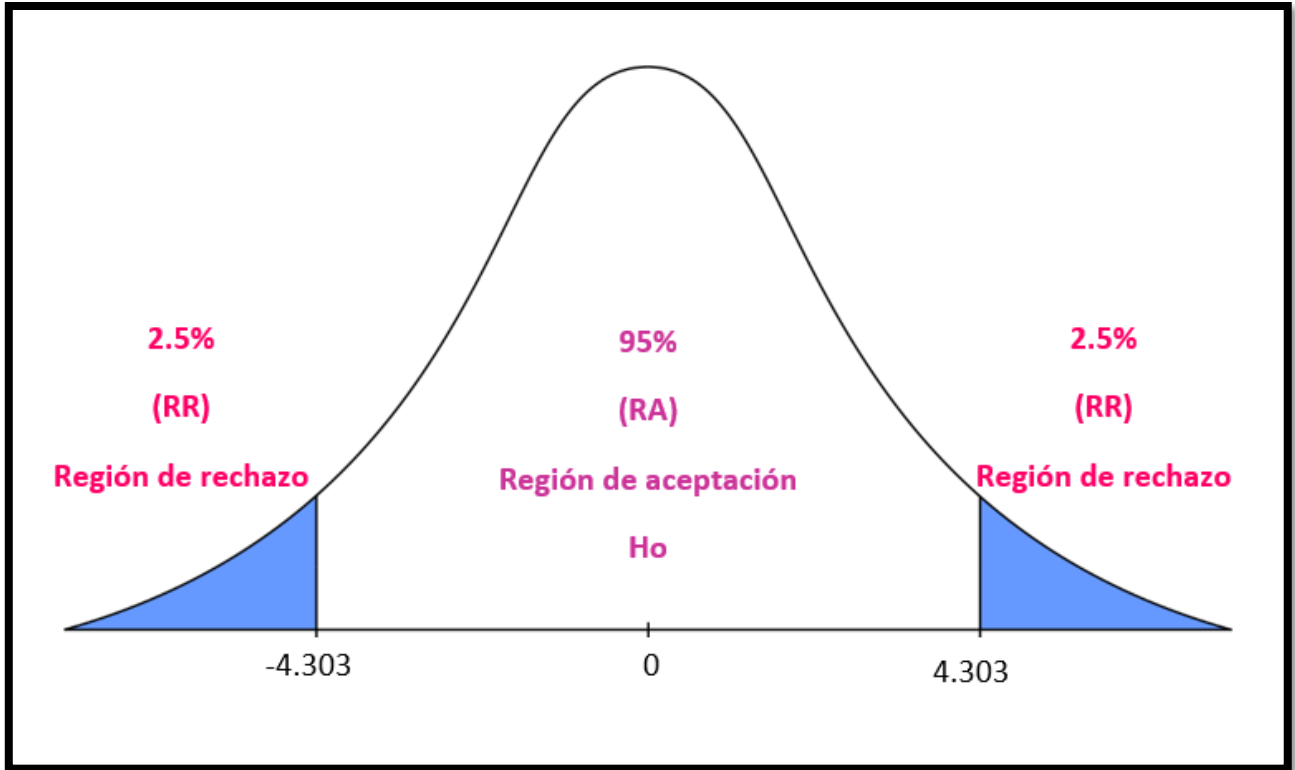
$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}}$$

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2 + \sum(Y_i - \bar{Y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Región crítica

Figura 52

Distribución "t" student.



Fuente: Propia.

Nota: El t tabular según la tabla de distribución de t de Student para un nivel de significancia 0.05 con 02 grados de libertad es ± 4.303 .

- **Asentamiento de la integración del 1.5% de mucílago**

Tabla 86

Asentamiento del C.P más 1.5%. de MUC.

Concreto patrón + 1.5% muc	Concreto patrón
n_1	n_2
7.70	7.60
7.80	7.50

Fuente: Propia.

Tabla 87*Diferencia de medias del asentamiento del C.P más 1.5% MUC.*

N° muestras (asentamiento)		Concreto patrón +1.5 muc		N° muestras (asentamiento)		Concreto patrón f'c=210kg/cm ²		
n ₁	x	x - \bar{x}	(x - \bar{x}) ²	n ₂	y	y - \bar{y}	(y - \bar{y}) ²	
1	7.7	-0.05	0.002	1	7.6	0.05	0.002	
2	7.8	0.05	0.002	2	7.5	-0.05	0.002	
$\bar{x} =$		7.8	$\Sigma =$	0.005	$\bar{y} =$	7.6	$\Sigma =$	0.005

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{0.005 + 0.005}{2 + 2 - 2} = 0.005$$

$$t_c = \frac{7.8 - 7.6}{\sqrt{\frac{0.005}{2} + \frac{0.005}{2}}} = 2.828$$

Tabla 88*Tabulación de hipótesis del asentamiento del C.P más 1.5% MUC.*

tc (t calculada)	Grados de libertad n ₁ + n ₂ - 2	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	1- $\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
2.828	2	0.025	0.975	-4.303	4.303

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = 2.828 \in$ a la región de aceptación \Rightarrow Aceptamos la hipótesis nula H_0 y rechazamos la hipótesis alterna H_1 .

$H_0 (\mu_1 = \mu_2)$: La integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural **no influye** en el asentamiento del concreto f'c=210 kg/cm².

Por lo que podemos afirmar que con un nivel de confianza del 95%, la integración del 1.5% del mucílago de penca como aditivo natural en la mezcla, no influye en el asentamiento del concreto f'c=210 kg/cm².

- **Asentamiento de la integración del 2% de mucílago**

Tabla 89

Asentamiento del C.P y la integración 2% MUC.

Concreto patrón + 2% muc	Concreto patrón
n_1	n_2
8.30	7.60
8.20	7.50

Fuente: Propia.

Tabla 90

Diferencia de medias del asentamiento del C.P más 2% MUC.

N° muestras (asentamiento)	Concreto patrón + 2% muc			N° muestras (asentamiento)	Concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$		
n_1	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	n_2	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
1	8.3	0.05	0.003	1	7.6	0.05	0.002
2	8.2	-0.05	0.003	2	7.5	-0.05	0.002
$\bar{x} =$	8.3	$\Sigma =$	0.005	$\bar{y} =$	7.6	$\Sigma =$	0.005

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{0.005 + 0.005}{2 + 2 - 2} = 0.005$$

$$t_c = \frac{8.3 - 7.6}{\sqrt{\frac{0.005}{2} + \frac{0.005}{2}}} = 9.899$$

Tabla 91

Tabulación de hipótesis del asentamiento del C.P más 2% MUC.

tc (t calculada)	Grados de libertad $n_1 + n_2 - 2$	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	$1-\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
9.899	2	0.025	0.975	-4.303	4.303

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = 9.899 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

$H_1 (\mu_1 \neq \mu_2)$: La integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural **influye** en el asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Por lo que se puede afirmar que con un nivel de confianza de 95%, la integración del 2% del mucílago de penca como aditivo natural en la mezcla influye en el asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

- **Asentamiento de la integración del 2.5% de mucílago**

Tabla 92

Asentamiento del C.P más 2.5% MUC.

Concreto patrón + 2.5% muc	Concreto patrón
n_1	n_2
9.40	7.60
9.30	7.50

Fuente: Propia.

Tabla 93

Diferencia de medias del asentamiento del C.P más 2.5% MUC.

Nº muestras (asentamiento)	Concreto patrón + 2.5% muc			Nº muestras (asentamiento)	Concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
n_1	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	n_2	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
1	9.4	0.05	0.002	1	7.6	0.05	0.002
2	9.3	-0.05	0.003	2	7.5	-0.05	0.002
	$\bar{x} = 9.4$	$\Sigma =$	0.005		$\bar{y} = 7.6$	$\Sigma =$	0.005

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{0.005 + 0.005}{2 + 2 - 2} = 0.005$$

$$t_c = \frac{9.4 - 7.6}{\sqrt{\frac{0.005}{2} + \frac{0.005}{2}}} = 25.456$$

Tabla 94

Tabulación de hipótesis del asentamiento del C.P más 2.5% MUC.

tc (t calculada)	Grados de libertad $n_1 + n_2 - 2$	Nivel de significancia $\alpha = 5\%$		tt (t tabular)	
		$\alpha/2$	$1-\alpha/2$	Límite superior	Límite inferior
25.456	2	0.025	0.975	-4.303	4.303

Fuente: Propia.

Nota: Como $t_c = 25.456 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

$H_1 (\mu_1 \neq \mu_2)$: La integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural **influye** en el asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Por lo que se puede afirmar que con un nivel de confianza de 95%, la integración del 2.5% del mucílago de penca como aditivo natural en la mezcla influye en el asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

- **Asentamiento de la integración del 3% de mucílago**

Tabla 95

Asentamiento del C.P más 3% MUC.

Concreto patrón + 3% muc	Concreto patrón
n_1	n_2
10.20	7.60
10.10	7.50

Fuente: Propia.

Tabla 96

Diferencia de medias del asentamiento del C.P más 3% MUC.

Nº muestras (asentamiento)	Concreto patrón + 3% muc			Nº muestras (asentamiento)	Concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$		
n_1	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	n_2	y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
1	10.2	0.05	0.003	1	7.6	0.05	0.002
2	10.1	-0.05	0.002	2	7.5	-0.05	0.002
$\bar{x} =$	10.2	$\Sigma =$	0.005	$\bar{y} =$	7.6	$\Sigma =$	0.005

Fuente: Propia.

$$S^2 = \frac{0.005 + 0.005}{2 + 2 - 2} = 0.005$$

$$t_c = \frac{10.2 - 7.6}{\sqrt{\frac{0.005}{2} + \frac{0.005}{2}}} = 36.770$$

Tabla 97

Tabulación de hipótesis del asentamiento del C.P más 3% MUC.

tc (t calculada)	Grados de libertad n ₁ + n ₂ - 2	Nivel de significancia α = 5%		tt (t tabular)	
		α/2	1-α/2	Límite superior	Límite inferior
36.770	2	0.025	0.975	-4.303	4.303

Fuente: Propia.

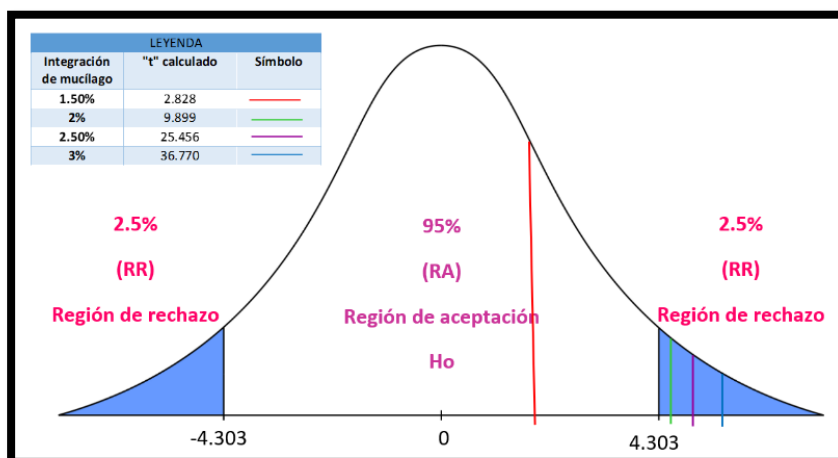
Nota: Como $t_c = 36.770 \in$ a la región de rechazo \Rightarrow Rechazamos la hipótesis nula H_0 y aceptamos la hipótesis alterna H_1 .

$H_1 (\mu_1 \neq \mu_2)$: La integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural **influye** en el asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Por lo que se puede afirmar que con un nivel de confianza de 95%, la integración del 3% del mucílago de penca como aditivo natural en la mezcla influye en el asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 53

Diagrama de los estadísticos de asentamientos.



Fuente: Propia.

Tabla 98

Resultados finales de la prueba de hipótesis para la HE3.

Integración de mucílago	"t" calculado	Nivel de significancia	Región de rechazo (RR)	Región de aceptación (RA)	Condición
1.50%	2.828	0.025	$<-\infty; -4.303]$ y $[4.303; +\infty>$	$(-4.303 \leq t_c \leq 4.303)$	$t_c \in RA$
2%	9.899	0.025	$<-\infty; -4.303]$ y $[4.303; +\infty>$	$(-4.303 \leq t_c \leq 4.303)$	$t_c \in RR$
2.50%	25.456	0.025	$<-\infty; -4.303]$ y $[4.303; +\infty>$	$(-4.303 \leq t_c \leq 4.303)$	$t_c \in RR$
3%	36.770	0.025	$<-\infty; -4.303]$ y $[4.303; +\infty>$	$(-4.303 \leq t_c \leq 4.303)$	$t_c \in RR$

Fuente: Propia.

Nota: Podemos afirmar que con un nivel de confianza de 95%, la integración de 1.5% no influye en el asentamiento por lo que aceptamos la hipótesis nula y con el 2%, 2.5% y 3% del mucílago de penca como aditivo natural en la mezcla influye en el asentamiento del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ por lo que aceptamos alterna.

CONCLUSIONES

Conclusión para el objetivo general

De los resultados que se llegaron a obtener en el laboratorio, se determina que la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla del concreto hace que el árido grueso y fino permanezcan en su lugar y no sucumban a la gravedad, de tal manera, que esto influye en la resistencia a compresión axial del concreto.

Conclusión para el objetivo específico 1

De los resultados que se llegaron a obtener en el laboratorio del concreto patrón y con las integraciones de 1.5%, 2%, 2.5% y 3%, se determina la influencia con los valores promedios que se obtuvieron de la resistencia a compresión axial a la edad de 7, 14 y 28 días, cuyos valores se muestran en la tabla 44 – pág.103, figura 49 – pág. 122, figura 50 – pág. 127 y figura 51 – pág. 132.

Conclusión para el objetivo específico 2

De los resultados que se llegaron a obtener en el laboratorio, se reconoce que el porcentaje óptimo de la integración del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en la mezcla del concreto patrón. Teniendo en cuenta que la resistencia máxima alcanzada, fue a los 28 días, de los datos que se obtuvieron de la resistencia a compresión axial, la integración óptima del mucílago de penca de tuna como aditivo natural fue del 2%, ya que alcanzó una resistencia de 326.65 kg/cm², llegando al 106.27% con respecto al concreto patrón.

Conclusión para el objetivo específico 3

De los resultados que se obtuvieron en el laboratorio del concreto patrón que fue de 7.6 cm y con las integraciones de 1.5%, 2%, 2.5% y 3%, se obtuvieron asentamientos promedios de 7.8 cm, 8.3 cm, 9.40 cm y 10.20 cm, respectivamente, se determina que la integración del mucílago de penca de tuna en 1.5% no influye y en 2%, 2.5% y 3% influye en el asentamiento del concreto de manera que a un porcentaje mayor de integración de mucílago de penca de tuna, se obtendrá un asentamiento ligeramente mayor.

RECOMENDACIONES

1. Para el objetivo general, según los resultados de las pruebas de laboratorio, se recomienda utilizar el concreto con integración de 2% de mucílago de penca de tuna para elementos de carga como columnas y el concreto con integración de 1.5% y 2.5% de mucílago de penca de tuna para sobrecimientos y la integración de 3% para falso pisos u otros similares.
2. Para el objetivo específico 1, según los resultados obtenidos en el laboratorio, no se recomienda utilizar porcentajes de integración de mucílago de penca de tuna como aditivo natural superiores al 2% en un concreto estructural, ya que como se pudo observar las integraciones del mucílago de penca de tuna como aditivo natural en los porcentajes de 2.5% y 3% la resistencia a compresión axial disminuye considerablemente.
3. Para el objetivo específico 2, para futuras investigaciones, se recomienda que se pueda sustituir el agua por el mucílago de penca de tuna en la mezcla del concreto, para poder estudiar si la resistencia a compresión axial disminuye o incrementa, teniendo en cuenta el porcentaje óptimo del incremento de mucílago en la mezcla del concreto que se llegó alcanzar en esta investigación.
4. Para el objetivo específico 3, se recomienda para futuras investigaciones que al sustituir el agua por el mucílago de penca de tuna, se tenga en cuenta el asentamiento del concreto, ya que como se pudo observar que la consistencia del concreto en todos los porcentajes de integración de mucílago de penca de tuna no tuvo variación la consistencia y se mantuvo plástica igual que el concreto patrón, se tiene que tener en cuenta que a porcentaje mayor de

integración de mucílago de penca de tuna, se obtendrá un asentamiento ligeramente mayor.

5. Se recomienda considerar para el uso posterior de este concreto con integración de mucílago los porcentajes de variación de la integración de 1.5% de mucílago con respecto al concreto patrón es de 101.82%, el porcentaje de variación de la integración de 2% de mucílago con respecto al concreto patrón es de 106.27%, el porcentaje de variación de la integración de 2.5% de mucílago con respecto al concreto patrón es de 77.23% y el porcentaje de variación de la integración de 3% de mucílago con respecto al concreto patrón es de 57.39%, cabe mencionar que estas comparaciones son de los resultados obtenidos a los 28 días.
6. Se recomienda a futuras investigaciones que deben tener en cuenta las condiciones climáticas y de almacenamiento, ya que el contenido de humedad podría cambiar es por ellos que deben encontrarse libres de restos orgánicos, salitre u otras sustancias dañinas que perjudiquen la reducción de la resistencia y no cumpla con lo establecido en el diseño de mezclas.
7. Se recomienda a futuras investigaciones trabajar en el diseño de mezclas para la selección del asentamiento un slump de 4" para elementos estructurales como columnas y vigas de consistencia plástica.
8. Se recomienda tener en consideración que las integraciones de mucílago de penca de tuna en 1.5% y 2% mejora las condiciones de trabajabilidad de la mezcla del concreto, y al mismo tiempo mejora la resistencia a compresión del concreto. Sin embargo, las integraciones de mucílago en 2.5% y 3% mejora las

condiciones de trabajabilidad de la mezcla del concreto, pero disminuye la resistencia a compresión del concreto.

9. Se recomienda tener en cuenta los costos por m³ de concreto con integración de mucílago de penca de tuna que se encuentra en el Anexo 10, ya que no es conveniente utilizarlo de manera masiva a diferencia del concreto patrón, este será un criterio el cual deberá analizarlo aquella persona que quiera hacer uso de este método.

BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, F. (2017). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.
- Abraján, M. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago de nopal (Opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia - España.
- Amaya, J. (2009). *Cultivo de tuna (opuntia ficus-indica)*. Gerencia Regional Agraria, Trujillo, La Libertad.
- Ayquipa, L. (2021). *Influencia de los métodos de curados con mucílagos naturales en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² en Abancay, 2019*. Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay.
- Behar Rivero D.S. (2008). *Metodología de la investigación*. Shalom.
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Pearson Educacion.
- Bulnes, C. (2018). *Resistencia a la compresión de un mortero cemento-arena adicionando 10% y 20% de mucílago de nopal*. Universidad San Pedro, Chimbote.
- Carbajal y Valverde. (2016). *“Resistencia de un concreto $f'c$ 210kg/cm², con adición del 2% del mucílago de tuna, en relación al curado con el uso de agua de mar y agua residual agrícola”*. Chimbote.

Flores R. y Ramírez S. (2020). *Mejoramiento de unidades de albañilería hechas a base de suelo – cemento con adición de mucílago de tuna*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.

Gianella, I. J. (2019). *Influencia de la adición de mucílago de nopal (Opuntia ficus-índica) en las propiedades mecánicas del concreto permeable*. Universidad César Vallejo, Lima.

Guzmán, L. y Chávez, J. (2007). Estudio bromatológico del cladodio del nopal (Opuntia ficus-índica) para el consumo humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú*.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. México. Editorial Mexicana. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Herrera P. y Vargas H. (2018). *Optimización de mezclas de concreto mediante la aplicación del método Walker y la introducción de un aditivo experimental*. Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.

Huamán, W. (2021). *Influencia de la incorporación del aloe vera en la mezcla del concreto estructural $f'c=210$ kg/cm² sobre la resistencia a la compresión axial del concreto en la ciudad de Abancay- Apurímac, 2018*. Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay.

- Huertas L. y Martínez P. (2019). *Análisis de las propiedades estructurales del concreto modificado con la fibra de bagazo de caña*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Huerto, W. (2018). *Comparación de la resistencia a compresión de un concreto $f'c=450$ kg/cm² adicionando el 4% y 6% de mucílago de tuna y superplastificante sika n290 al cemento*. Universidad San Pedro, Huaraz.
- Inga, G. (2019). *Influencia de la adición de mucílago de nopal (opuntia ficus-indica) en las propiedades mecánicas del concreto permeable*. Universidad Peruana Unión, Lima.
- Kosmatka, S. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Portland Cement Association, Illinois.
- Laura, H. (2006). *Diseño de mezclas*. Puno - Perú.
- Manríquez, F. (2018). *Evaluación del mucílago de nopal para disminuir las fisuras causadas por retracción plástica en el Hormigón*. Universidad de Valparaíso, Chile.
- Miranda, A. (2021). *En su investigación comportamiento mecánico del concreto con adición de fibras naturales (Bagazo de Caña) y fibras sintéticas (Polipropileno)*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- NTP 339.034. (2015). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a compresión axial del concreto en muestras cilíndricas*. Lima: INACAL.

- NTP 339.035, N. (2009). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.185, N. (2013). *ÁRIDOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados*. LIMA: INDECOPI.
- NTP 400.011, N. (2008). *Áridos. Definición y clasificación de áridos para uso en morteros y concretos*. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.012, N. (2018). *ÁRIDOS. Análisis granulométrico del árido*. Lima.
- NTP 400.017, N. (2016). *ÁRIDOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso unitario") y los vacíos en los áridos*. Lima.
- NTP 400.021, N. (2018). *ÁRIDOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del árido grueso*. Lima: INDECOPI.
- NTP 400.022, N. (2013). *ÁRIDOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del árido fino*. LIMA: INDECOPI.
- NTP 400.037, N. (2014). *Áridos. Especificaciones normalizadas para áridos en hormigón (concreto)*. Lima: INDECOPI. Obtenido de http://www.academia.edu/9191423/CURSO_BASICO_DE_TECNOLOGIA_DE_L_CONCRETO_PARA_INGENIEROS_CIVILES.
- Oloya R. y Ponce G. (2019). *Influencia del uso del mucílago de cactus echinopsis pachanoi como aditivo natural para evaluar la resistencia a compresión*,

consistencia y permeabilidad del concreto en la ciudad de Trujillo. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.

Pasquel, E. (1993). *Temas de Tecnología del concreto en el Perú.* Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.

Peña F. y Pinzón J. (2021). *Análisis del comportamiento mecánico del concreto adicionado con fibra de hoja de la planta de piña (oro miel).* Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

Primo, C. (2014). *Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) en la resistencia a compresión axial del concreto.* Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Quispe, E. (2022). *Incorporación de las fibras de acero tipo y alambre trellado en frío en el comportamiento de las propiedades del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido en el casco urbano de Abancay, 2020.* Abancay.

Ramírez, A. (2008). *Propiedades mecánicas y microestructura de concreto conteniendo mucílago de nopal como aditivo natural.* Instituto Politécnico Nacional, Sana Cruz de Xoxocotlan, Oaxaca, México.

Ramos Vásquez, J. C. (2017). *Influencia en las propiedades mecánicas de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de mucílago de tuna, Chimbote, Ancash – 2017.* Ancash.

Risco, E. (2017). *“Comportamiento de la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto adicionado con extracto de sábila, ciudad de Barranca - 2016”.*

Universidad Nacional de Áncash "Santiago Antúnez de Mayolo", Huaraz -
Perú.

Rodríguez, G. (2018). *Optimización de la extracción del mucílago de nopal (Opuntia ficus-indica)*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Químico Farmacobiología., Michoacana - México.

Sánchez de G, D. (2014). *Tecnología del concreto y mortero*.

Silva, M. (2017). *Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú.

Torres, A. (2010). *Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactáceas*. México.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

Anexo 2: Glosario.

Anexo 3: Juicio de expertos.

Anexo 4: Fichas de registro de datos en el laboratorio.

Anexo 5: Fichas de cálculos realizados por la tesista.

Anexo 6: Certificado de uso de laboratorio de áridos y concreto.

Anexo 7: Resultados de los ensayos del laboratorio – Diseño de mezclas del concreto.

Anexo 8: Resultados de los ensayos del laboratorio – Rotura de probetas.

Anexo 9: Certificados de calibración de los equipos usados en el laboratorio.

Anexo 10: Comparación de costos del concreto.

Anexo 11: Antecedentes Administrativos.

Los anexos están resguardados en la oficina del repositorio digital institucional de la biblioteca central de la Universidad Tecnológica de los Andes.