

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**TESIS**

“Influencia de la incorporación del aloe vera en la mezcla del concreto estructural  $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ , sobre la resistencia a la compresión axial del concreto en la ciudad de Abancay- Apurímac, 2018”

Presentado por:

**BACH. WALTER HUAMÁN QUILLAHUAMÁN**

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

**Abancay- Apurímac – Perú**

**2021**

## **Tesis**

“Influencia de la incorporación del aloe vera en la mezcla del concreto estructural  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , sobre la resistencia a la compresión axial del concreto en la ciudad de Abancay- Apurímac, 2018”

### **Línea de investigación:**

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible

### **Asesor:**

Mg. Calixto Cañari Otero

## Página de jurados



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Influencia de la incorporación del aloe vera en la mezcla del concreto estructural  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , sobre la resistencia a la compresión axial del concreto en la ciudad de Abancay- Apurímac, 2018”

Presentado por **WALTER HUAMÁN QUILLAHUAMÁN**, para optar el título Profesional de Ingeniero Civil.

Sustentado y aprobado el 27 de agosto del 2021 ante el jurado:

**Presidente:** Mg. Sc. Ángel Maldonado Mendivil

**Primer miembro:** Ing. Mauro Samuel Altamirano Camacho

**Segundo miembro:** Ing. Edilberto Gálvez Barrientos

**Asesor:** Mg. Calixto Cañari Otero

## **Dedicatoria**

“*A mi madre Adriana*, quien a lo largo de todo este tiempo me apoyó, no solo en mi desarrollo profesional, sino también en mi desarrollo personal”.

“*A mi padre Pascual*, porque sé que siempre estuvo presente durante toda mi vida y se llenaría de orgullo por este logro alcanzado”.

“*A mi hermano Robert*, ejemplo de hermano a seguir, por todos sus consejos y enseñanzas brindadas a lo largo de toda mi etapa de formación profesional, por haber estado en mis momentos buenos y malos”.

*Walter Huamán Quillahuamán*

## **Agradecimiento**

A Dios, por concederme la vida, por brindarme salud y darme la oportunidad de haber llegado a esta etapa de mi vida.

A mis familiares, en especial a mi madre Adriana, mi hermano Robert y mi hermana Luz Dina, por demostrarme su apoyo, comprensión a lo largo de todo este tiempo y por haber puesto su confianza en mí.

A mi asesor de tesis, Mg. Calixto Cañari Otero, por sus enseñanzas, recomendaciones y guía durante el desarrollo de la presente tesis.

A mis amigos (as), que me apoyaron en el proceso de ejecución de la tesis y me motivaron para su culminación.

## Índice de contenidos

Portada .....	i
Post Portada .....	ii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	ix
Resumen .....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	xv
Capítulo I.....	1
Planteamiento del problema .....	1
1.1. Realidad problemática .....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.2.1. Formulación de problemas .....	3
1.2.2. Problema general .....	3
1.2.3. Problemas específicos.....	3
1.3. Justificación de la investigación .....	4
1.4. Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1. Objetivo general .....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Delimitación de la investigación.....	5
1.5.1. Espacial.....	5
1.5.2. Temporal.....	5
1.5.3. Social .....	6
1.5.4. Conceptual .....	6

1.6.	Viabilidad de la investigación .....	6
1.7.	Limitaciones .....	7
	Capítulo II.....	8
	Marco teórico.....	8
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1.	A nivel internacional .....	8
2.1.2.	A nivel nacional.....	11
2.1.3.	A nivel regional y local .....	16
2.2.	Bases teóricas.....	16
2.2.1.	Resistencia a la compresión axial del concreto .....	16
2.2.2.	Consistencia del concreto .....	17
2.2.3.	Tiempo de fraguado.....	18
2.2.4.	Aloe vera.....	21
2.2.5.	Pasos para el desarrollo del procedimiento experimental .....	28
2.2.6.	Diseño de mezclas de concreto.....	32
2.3.	Marco conceptual.....	37
	Capítulo III .....	42
	Metodología de investigación.....	42
3.1.	Hipótesis .....	42
3.1.1.	Hipótesis general .....	42
3.1.2.	Hipótesis específicas.....	42
3.2.	Método .....	43
3.3.	Tipo de investigación.....	45
3.4.	Nivel o alcance de la investigación.....	45
3.5.	Diseño de la investigación .....	46
3.6.	Operacionalización de variables .....	47
3.7.	Población, muestra y muestreo .....	49

3.8. Técnicas e instrumentos .....	53
3.9. Consideraciones éticas .....	54
3.10. Procesamiento estadístico .....	54
Capítulo IV .....	60
Resultados y discusión .....	60
4.1. Resultados .....	60
4.1.1. Estudio de canteras y muestreo de los agregados .....	60
4.1.2. Estudio de los agregados .....	63
4.1.3. Estudio del aloe vera como aditivo natural .....	65
4.1.4. Diseño de mezclas de concreto .....	70
4.1.5. Elaboración y preparación de muestras de ensayo .....	72
4.1.6. Resultados del uso de A.V en la resistencia a la compresión del concreto ...	78
4.1.7. Resultados del uso de A.V en la consistencia del concreto .....	86
4.1.8. Resultados del uso de aloe vera en el tiempo de fraguado del concreto .....	90
4.2. Discusión de resultados .....	100
4.3. Prueba de hipótesis .....	104
Conclusiones .....	119
Recomendaciones .....	121
Referencias bibliográficas .....	122
Anexos .....	125

## Índice de tablas

Tabla 1 Componentes químicos de la planta de aloe vera.....	23
Tabla 2 Operacionalización de variables.....	48
Tabla 3 Población considerada en la investigación.....	49
Tabla 4 Cantidad de muestra para ensayo de resistencia diseño patrón.....	51
Tabla 5 Muestra para ensayo de resistencia a la compresión con adición de A.V.....	51
Tabla 6 Muestra para ensayo de tiempo de fraguado con y sin adición de A.V.....	52
Tabla 7 Muestra para el ensayo de asentamiento con y sin adición de A.V.....	52
Tabla 8 Coordenadas de ubicación de las canteras en estudio.....	61
Tabla 9 Cuadro de codificación de las muestras de agregado de cada cantera.....	63
Tabla 10 Resultados de los ensayos realizados a las diferentes muestras de agregado.....	64
Tabla 11 Cantidad de aloe vera utilizada en el ensayo de resistencia a la compresión.....	69
Tabla 12 Cantidades de aloe vera utilizada en el ensayo de tiempo de fraguado.....	69
Tabla 13 Ensayo de contenido de humedad de la corteza y gel del aloe vera.....	70
Tabla 14 Cantidad de materiales para elaboración de C.P y concreto adicionando A.V....	71
Tabla 15 Materiales empleados para fabricar pasta de cemento con consistencia normal.	77
Tabla 16 Resultados de resistencia a la compresión axial a edad de 7 días de curado.....	80
Tabla 17 Resultados de resistencia a la compresión axial a edad de 14 días de curado....	81
Tabla 18 Resultados de resistencia a la compresión axial a edad de 28 días de curado.....	82
Tabla 19 Variación de resistencia a la compresión de C.P y concreto con A.V. ....	85
Tabla 20 Ensayo de consistencia de mezcla patrón y mezcla con adición de A.V. ....	87
Tabla 21 Variación del asentamiento de muestra patrón y muestra con A.V. ....	89
Tabla 22 Ensayo N° 1 de tiempo de fraguado.....	92
Tabla 23 Interpolación del ensayo N° 1 de tiempo de fraguado. ....	93
Tabla 24 Ensayo N° 2 de tiempo de fraguado.....	94
Tabla 25 Interpolación del ensayo N° 2 de tiempo de fraguado. ....	95
Tabla 26 Ensayo N° 3 de tiempo de fraguado.....	96
Tabla 27 Interpolación del ensayo N° 3 de tiempo de fraguado. ....	97
Tabla 28 Tiempo de fraguado promedio de muestra patrón y muestra con A.V. ....	98
Tabla 29 Variación del tiempo de fraguado de muestra patrón y muestra con A.V.....	99
Tabla 30 Cálculo del “tc” para la adición de 1.0% de A.V en hipótesis específica 1.....	107
Tabla 31 Cálculo del “tc” para la adición de 1.5% de A.V en hipótesis específica 1.....	108
Tabla 32 Cálculo del “tc” para la adición de 2.0% de A.V en hipótesis específica 1.....	108

Tabla 33 Cálculo del “tc” para la adición de 2.5% de A.V en hipótesis específica 1.....	108
Tabla 34 Cálculo del “tc” para la adición de 3.0% de A.V en hipótesis específica 1.....	109
Tabla 35 Resultados de la prueba de hipótesis para la hipótesis específica 1.....	110
Tabla 36 Cálculo del “tc” para la adición de 1.0% de A.V en hipótesis específica 2.....	111
Tabla 37 Cálculo del “tc” para la adición de 1.5% de A.V en hipótesis específica 2.....	111
Tabla 38 Cálculo del “tc” para la adición de 2.0% de A.V en hipótesis específica 2.....	112
Tabla 39 Cálculo del “tc” para la adición de 2.5% de A.V en hipótesis específica 2.....	112
Tabla 40 Cálculo del “tc” para la adición de 3.0% de A.V en hipótesis específica 2.....	112
Tabla 41 Resultados de la prueba de hipótesis para la hipótesis específica 2.....	114
Tabla 42 Cálculo del “tc” para la adición de 1.0% de A.V en hipótesis específica 3.....	115
Tabla 43 Cálculo del “tc” para la adición de 1.5% de A.V en hipótesis específica 3.....	115
Tabla 44 Cálculo del “tc” para la adición de 2.0% de A.V en hipótesis específica 3.....	116
Tabla 45 Cálculo del “tc” para la adición de 2.5% de A.V en hipótesis específica 3.....	116
Tabla 46 Cálculo del “tc” para la adición de 3.0% de A.V en hipótesis específica 3.....	116
Tabla 47 Resultados de la prueba de hipótesis para la hipótesis específica 3.....	117
Tabla 48 Decisiones adoptadas en la prueba de hipótesis.....	118

## Índice de figuras

Figura 1	Equipo de aguja de vicat. ....	21
Figura 2	Planta de aloe vera (sábila). ....	22
Figura 3	Estructura de la hoja de aloe vera. ....	24
Figura 4	Estructura y microestructura de la hoja de aloe vera. ....	24
Figura 5	Procedimiento del desarrollo experimental.....	29
Figura 6	Secuencia de diseño del método 211 del ACI .....	34
Figura 7	Secuencia de diseño de mezclas del método de Walker . ....	36
Figura 8	Tabla de búsqueda de datos de la distribución “t” Student.....	58
Figura 7	Diagrama bilateral de la distribución “t” Student. ....	58
Figura 10	Mapa de ubicación de las canteras estudiadas. ....	62
Figura 11	Visita a la zona de obtención de la planta de aloe vera.....	66
Figura 12	Proceso de fileteado de las hojas de la planta de aloe vera. ....	67
Figura 13	Proceso de separación del gel de aloe vera con la corteza.....	67
Figura 14	Licuado de la planta de aloe vera para obtención del extracto. ....	68
Figura 15	Preparación de mezcla de concreto patrón para elaborar probetas cilíndricas... 73	
Figura 16	Elaboración de probetas cilíndricas muestra patrón. ....	73
Figura 17	Preparación de mezcla de concreto con adición A.V.....	74
Figura 17	Elaboración de probetas cilíndricas con adición de aloe vera.....	74
Figura 19	Volumen del molde cilíndrico para preparación de muestras de ensayo. ....	75
Figura 20	Determinación de la consistencia normal de la pasta de cemento. ....	77
Figura 21	Resultados de resistencia a la compresión axial a una edad de 7 días. ....	83
Figura 22	Resultados de resistencia a la compresión axial a una edad de 14 días. ....	83
Figura 23	Resultados de resistencia a la compresión axial a una edad de 28 días. ....	84
Figura 24	Tendencia de resistencia a la compresión axial a una edad de 28 días. ....	84
Figura 25	Variación de resistencia a la compresión de M.P y muestra con A.V .....	86
Figura 26	Determinación del asentamiento de la mezcla de concreto con A.V al 2.5%....	87
Figura 27	Determinación del asentamiento para mezcla patrón y mezcla con A.V.....	88
Figura 28	Asentamiento producido en mezcla patrón y en mezcla con A.V. ....	88
Figura 29	Variación de asentamiento de muestra patrón y muestra con A.V. ....	90
Figura 30	Ensayo de tiempo de fraguado con la aguja de vicat. ....	91
Figura 30	Determinación del tiempo de fraguado en M.P y muestra con A.V. ....	98
Figura 32	Variación de tiempo de fraguado final de muestra patrón y muestra con A.V. ....	100

Figura 33 Diagrama de región crítica y región de aceptación del estudio. ....	106
Figura 34 Diagrama de los estadísticos de la HE1 ubicados en la región crítica. ....	109
Figura 35 Diagrama de los estadísticos de la HE2 ubicados en la región crítica. ....	113
Figura 36 Diagrama de los estadísticos de la HE3 ubicados en la región crítica. ....	117

## Resumen

En la ciudad de Abancay, el uso del concreto se ha intensificado, este material es usado en diversas obras de ingeniería, su principal aplicación radica en la construcción de viviendas, motivo de estudio de la presente tesis. La investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto adicionando aloe vera a la mezcla del concreto. Se estudió la resistencia a la compresión a edades de 7, 14 y 28 días de curado, y las propiedades en estado fresco (consistencia y tiempo de fraguado). El tipo de investigación considerado fue una investigación aplicada, con un diseño experimental basado en experimentos de ensayos. Para desarrollar la investigación se fabricó 9 probetas cilíndricas patrón con resistencia de diseño  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  y 45 probetas cilíndricas con aloe vera, considerando 5 adiciones: 1.0 %, 1.5 %, 2.0%, 2.5% y 3.0% respecto al peso de la mezcla; para el tiempo de fraguado se fabricaron 3 muestras cilíndricas patrón de pasta de cemento y 15 muestras con adiciones de aloe vera; para determinar la consistencia se consideró 3 muestras de mezcla fresca de concreto patrón y 15 muestras con adición de aloe vera. Las conclusiones obtenidas, dan a conocer que el uso de aloe vera como aditivo en la mezcla de concreto incrementa la resistencia a la compresión a edad de 28 días; en cuanto a la consistencia, se observó que a mayor adición de aloe vera se produjo mayor asentamiento en la mezcla, incrementándose el tiempo de fraguado inicial y final.

**Palabras clave:** Aloe vera, tiempo de fraguado, consistencia, resistencia la compresión.

## Abstract

In the city of Abancay, the use of concrete has intensified, this material is used in various engineering works, its main application is in the construction of houses, which is the subject of this thesis. The objective of the research was to evaluate the fresh and hardened properties of concrete by adding aloe vera to the concrete mix. The compressive strength was studied at ages 7, 14 and 28 days of curing, and the properties in the fresh state (consistency and setting time). The type of research considered was an applied research, with an experimental design based on test experiments. To develop the research, 9 standard cylindrical specimens were manufactured with design strength  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  and 45 cylindrical specimens with aloe vera, considering 5 additions: 1.0 %, 1.5 %, 2.0%, 2.5% and 3.0% with respect to the weight of the mixture; for setting time, 3 standard cylindrical samples of cement paste and 15 samples with aloe vera additions were made; to determine the consistency, 3 samples of fresh standard concrete mix and 15 samples with the addition of aloe vera were considered. The conclusions obtained, show that the use of aloe vera as an additive in the concrete mix increases the compressive strength at 28 days of age; as for consistency, it was observed that the greater the addition of aloe vera, the greater the slump in the mix, increasing the initial and final setting time.

**Key words:** Aloe vera, setting time, consistency, compressive strength.

## **Introducción**

En la ciudad de Abancay, gran parte de las obras de ingeniería comprende el uso del concreto, la investigación desarrollada se basó en el estudio del concreto utilizado en viviendas en la ciudad de Abancay, debido a que en este tipo de obras no se tiene un control adecuado de las dosificaciones de los elementos componentes del concreto (agregados, cemento y agua).

La investigación planteó el uso de aloe vera como un aditivo natural, el cual pueda ser usado en las mezclas de concreto, con la finalidad de mejorar las propiedades del concreto tanto en estado fresco y endurecido.

La organización de la presente investigación está compuesta por 5 capítulos: en el Capítulo I se describió toda la realidad problemática motivo por el cual se planteó la presente investigación, indicando el problema general y los derivados problemas específicos, dando a conocer los objetivos generales y específicos de la investigación. En el capítulo II se desarrolló el marco teórico, considerando los antecedentes de la investigación y las bases teóricas correspondientes. En el capítulo III se desarrolló el planteamiento de las hipótesis y toda la metodología utilizada para el desarrollo de la tesis (obtención de la población, muestra, herramientas de recolección y procesamiento de información). Finalmente, los resultados obtenidos de la investigación y las respectivas discusiones en bases a los ensayos realizados se desarrollaron en el capítulo IV.

Se adjuntan también en los anexos, los instrumentos de recolección y procesamiento de datos de los ensayos realizados y las evidencias mediante paneles fotográficos.

## **Capítulo I**

### **Planteamiento del problema**

#### **1.1. Realidad problemática**

El uso del concreto en la construcción se ha convertido en un material imprescindible a nivel mundial, éste es utilizado en la edificación de ciudades y a su vez tiene un amplio uso en las obras de ingeniería como: pavimentación de calles, aeropuertos, plantas nucleares, terminales, construcción de represas, reservorios, viviendas, etc. Así, la gran mayoría de obras de ingeniería está sujeta a este material, motivo por el cual se ha intensificado el uso del concreto en el mundo, generando la necesidad de buscar mejorar las cualidades físicas de este material.

Hoy en día en el Perú se emplea el concreto como material fundamental en la construcción de diversas obras de ingeniería; desde construcciones más simples que pueden ser pequeñas obras de arte hasta las más complejas construcciones como: represas, puentes y edificios; por mencionadas razones, ha dado lugar en el mercado de la construcción mayor demanda el uso de este material, podemos encontrar también en el mercado, el famoso concreto premezclado, los cuales son ofrecidos y comercializados en la gran mayoría de las ciudades, estas son adquiridas dependiendo la magnitud de la construcción; así mismo, el concreto premezclado ofrece mejor calidad y garantía en dicho producto, puesto que esta se

rige en una minuciosa caracterización de los agregados, un diseño de mezcla riguroso, un control estricto en la dosificación de mezcla y la adición de aditivos según lo amerite el propósito del empleo de dicho material. En el Perú, existe varias investigaciones referentes al concreto y todas ellas tienen una finalidad en común, la gran mayoría busca mejorar la resistencia a la compresión axial del concreto adicionando diferentes elementos, como elementos inorgánicos y orgánicos.

En la ciudad de Abancay, el uso de este material es muy a menudo, por ello es usado en la mayoría de las construcciones destinadas para viviendas y locales comerciales; este material de construcción en nuestro ámbito es producido convencionalmente para la construcción de viviendas, en muchas ocasiones no cumple con las exigentes pruebas de calidad, ni con el debido control en cuanto se refiere a su dosificación, curado y resistencia a la compresión, aun sabiendo que éstas son el material fundamental que forman y dan lugar a los elementos estructurales principales de las viviendas de diseño a porticado; la mayoría de las viviendas en nuestro ámbito son construidas empleando el concreto, bloques de ladrillo o también bloques de concreto, estas en su conjunto dan lugar a las edificaciones denominadas edificaciones de material noble.

La etapa de producción del concreto juega un papel muy importante, ya que de esta dependerá la calidad de ello; la producción se rige al diseño de mezcla, a su vez el diseño de mezcla es elaborado con los resultados obtenidos de la caracterización de los agregados y la resistencia deseada, en el diseño de mezcla se encuentra la cuantificación de los materiales que darán lugar la producción del concreto, se debe tener presente que las variaciones de los materiales usados en la producción repercutirán en la calidad del concreto, así mismo, la relación agua - cemento influye directamente en la resistencia a la compresión del concreto, por ello se debe tener el debido cuidado en la adición del agua durante la preparación del concreto de manera tradicional, estos factores no son controlados de manera permanente,

muchas veces no se le da la importancia debida, tampoco se sabe a ciencia cierta si este material producido tradicionalmente en la construcción de viviendas, cumple con la resistencia mínima deseada, ya que estos no son muestreados, tampoco llevados a un ensayo de compresión axial y por dicha razón muchas veces las estructuras son vulnerables a deteriorarse fácilmente ante los fenómenos naturales, hasta pueden llegar a no cumplir su vida útil para el cual fueron proyectados. Por mencionadas razones, se da la necesidad de mejorar su propiedad física más importante que viene a ser la resistencia a la compresión axial, buscando la adición de algún elemento ya sea orgánico o inorgánico.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### ***1.2.1. Formulación de problemas***

Frente a la problemática encontrada, la presente investigación planteó determinar la influencia del aloe vera en el concreto evaluando sus propiedades en estado fresco y endurecido, con la finalidad de mejorar las cualidades físicas del concreto.

Se optó la adición de este elemento como componente del concreto debido a los 75 principios activos potenciales que este posee, las cuales están contenidas en los grupos siguientes: Antraquinonas, sacáridos, vitaminas, aminoácidos no esenciales, componentes inorgánicos, enzimas y aminoácidos esenciales.

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

¿De qué manera el uso de aloe vera como aditivo natural, influye en la resistencia a la compresión axial, consistencia y tiempo de fraguado del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Abancay-Apurímac, 2018?

### ***1.2.3. Problemas específicos***

a) ¿De qué manera el uso de aloe vera como aditivo natural, influye en la resistencia a la compresión axial del concreto  $f'_c=210$ kg/cm<sup>2</sup>?

- b) ¿De qué manera el uso de aloe vera como aditivo natural, influye en la consistencia del concreto  $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ ?
- c) ¿De qué manera el uso de aloe vera como aditivo natural, influye en el tiempo de fraguado del concreto?

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

En la presente investigación, se buscó innovar el concreto de resistencia  $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$  dotándolo de mejor característica sobre la resistencia a la compresión axial, por medio de la adición de aloe vera en la mezcla del concreto, determinando los resultados obtenidos a través de los ensayos realizados en el Laboratorio de Ensayo de Suelos, concreto y pavimentos de la Universidad Tecnológica de los Andes de la ciudad de Abancay.

Lo novedoso de esta investigación, fue incluir el aloe vera en el ámbito de la construcción para la producción del material fundamental que viene a ser el concreto, ya que dicho material hoy en día es la base para la construcción de viviendas. A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, el concreto producido con la adición de aloe vera puede ser utilizado en la construcción de viviendas, contribuyendo de alguna manera en brindar soluciones de nuevos materiales de construcción (concreto adicionado con aloe vera), considerando que los insumos necesarios para su producción se encuentran disponibles en la ciudad de Abancay. Mediante la obtención de este nuevo material se dota a la población abanquina una alternativa de uso de un material de construcción rentable, accesible y que brinda excelentes propiedades.

La importancia de esta investigación consistió fundamentalmente en mejorar la resistencia del concreto, ya que es la cualidad física más importante de este material de construcción, motivo por el cual este elemento es valioso en el sector construcción, así mismo darle un valor de uso en la construcción a este cultivo de planta natural que viene a

ser el aloe vera y de esta forma se estaría impulsando el cultivo de esta planta natural en la ciudad de Abancay.

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

##### ***1.4.1. Objetivo general***

Determinar la influencia del uso de aloe vera como aditivo natural en la resistencia a la compresión axial, consistencia y tiempo de fraguado del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Abancay-Apurímac, 2018.

##### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- a) Determinar la influencia del uso de aloe vera como aditivo natural en la resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>.
- b) Determinar la influencia del uso de aloe vera como aditivo natural en la consistencia del concreto  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>.
- c) Determinar la influencia del uso de aloe vera como aditivo natural en el tiempo de fraguado del concreto.

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

##### ***1.5.1. Espacial***

La presente investigación se desarrolló en el espacio geográfico que corresponde a la ciudad de Abancay, los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Suelos, concreto y pavimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de los Andes, que se ubica en la provincia de Abancay de la región de Apurímac.

##### ***1.5.2. Temporal***

La delimitación temporal comprende el año 2020, en el cual el proyecto fue ejecutado, elaborando los diversos ensayos que ameritaba la investigación, obteniendo los datos respectivos para finalmente analizarlos y redactar el informe de tesis.

### ***1.5.3. Social***

La investigación desarrollada se aplicó para un concreto convencional de resistencia a la compresión  $210 \text{ kg/cm}^2$ , la cual es usada por la gran mayoría de los habitantes en la construcción de viviendas en la ciudad de Abancay.

Así mismo, se utilizaron los equipos con los que dispone el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica de los Andes, como también todos los materiales que se usaron para la investigación son provenientes de la ciudad de Abancay.

### ***1.5.4. Conceptual***

La investigación desarrollada, contempló el estudio de las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto elaborado en la ciudad de Abancay, elaborando el concreto mediante el uso del Método del Comité ACI 211, usando como aditivo natural aloe vera. Dentro de las propiedades en estado fresco se consideró la consistencia y el tiempo de fraguado y como propiedad en estado endurecido se evaluó la resistencia a la compresión.

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

La investigación desarrollada, buscó como alternativa mejorar la calidad del concreto producido en la ciudad de Abancay, mediante la adición del aloe vera en la mezcla del concreto, para posteriormente utilizarlo en las diversas obras de ingeniería principalmente en locales comerciales y en la construcción de viviendas.

El costo de producción de este concreto es rentable, porque solo se le adicionó el aloe vera en la mezcla de un concreto convencional, estando al alcance económico de todo el público que desee hacer uso de este nuevo material de construcción.

La investigación se enfocó en mejorar una de las cualidades más importantes que tiene el concreto como es la resistencia, así mismo, se observó mejoras en la trabajabilidad y el aumento del tiempo de manipulación durante el colocado.

## **1.7. Limitaciones**

### **Económicas.**

No se dispuso de mucho recurso económico para la elaboración de los diferentes ensayos, debido a que la investigación fue financiada por el investigador; motivo por el cual la investigación contempló sólo el estudio de las propiedades de consistencia y tiempo de fraguado como estado fresco del concreto y en estado endurecido se realizó solamente el ensayo de resistencia a la compresión axial.

### **Tecnológicas.**

No se encontraron limitaciones tecnológicas (equipos, aparatos, instalaciones) en la investigación desarrollada, debido a que la Universidad Tecnológica de los Andes cuenta con los equipos necesarios que se requieren para el desarrollo del presente estudio, por tal motivo la investigación se desarrolló con total normalidad y disposición.

### **Conceptuales.**

No se encontró información relevante sobre investigaciones similares realizadas en el ámbito local y regional, lo que conllevó al uso de antecedentes de investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional, adecuándose algunos métodos empleados por los investigadores, para aplicarlos en el contexto de la ciudad en estudio.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

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

Terreros y Carvajal (2016), desarrollaron un trabajo de investigación denominado: “*Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo*”, (Tesis de pregrado), Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. El objetivo de la investigación fue analizar las propiedades mecánicas (compresión y flexión) de un concreto adicionando fibra de cáñamo, para ello se tuvo como muestra 12 especímenes cilíndricos, 6 con fibra de cáñamo y 6 con concreto patrón, se elaboró el ensayo de resistencia a la compresión a edades de 7, 14 y 28 días, se elaboraron también 2 viguetas adicionando fibra de cáñamo para determinar la resistencia a la flexión a una edad de 28 días de curado. Se utilizó el método experimental habiéndose realizado diversos ensayos de laboratorio. Los resultados obtenidos, dan a conocer que la adición de fibra de cáñamo genera incrementos de resistencia a la flexión y una resistencia al agrietamiento sin pérdida de material al momento de la rotura, estos resultados se presentan debido a la buena adherencia que existe entre los materiales y la fibra.

Herrera et al. (2015), desarrollaron una investigación intitulado: *“Gel de Aloe-vera como potencial inhibidor de la corrosión del acero de refuerzo estructural”*, estudiaron electroquímicamente el extracto de gel obtenido de las hojas de aloe vera, para emplearlo como posible inhibidor de la corrosión del acero de refuerzo estructural del concreto. Los estudios realizados utilizaron la técnica de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), evaluando la resistencia a la corrosión con y sin contenido del gel. El proceso de extracción del gel se realizó en forma pura, utilizando el método de incisión (seccionar la parte superior y posterior de la hoja para dejar expuesto la sustancia cristalina); para llevar a cabo la evaluación de la eficiencia del gel, se utilizaron distintas adiciones correspondientes a 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 ml., los cuales se determinaron por EIS que la adición de 8 ml del GEL puede inhibir eficientemente hasta el 83% la corrosión del acero expuesto a un medio corrosivo.

Babilonia y Urango (2015), desarrollaron una investigación denominada: *“El uso de aditivos de origen natural integral a masas de concreto para la protección contra la corrosión del acero estructural embebido (caso de estudio: sábila)”*, (Tesis de pregrado), Universidad de Cartagena, Colombia. El objetivo de la investigación fue evaluar la mezcla de concreto adicionando el aditivo natural sábila, estudiando los efectos producidos en la velocidad de corrosión del acero estructural, mediante la exposición del concreto a un medio salino. Para ello se tuvo como muestra 72 probetas de concreto elaboradas con resistencias de 3000 psi, 3500 psi y 4000 psi, las cuales fueron sometidas a los ensayos de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, a su vez se realizó la prueba de velocidad de corrosión. Se utilizó el método experimental, teniendo como parámetros de estudio la resistencia del concreto y el

porcentaje de sábila adicionado a la mezcla de acuerdo a la relación agua/cemento. La prueba de velocidad de corrosión, fue realizada exponiendo las muestras en una cámara de niebla salina, simulando ataques agresivos de cloruros, sulfatos y otros agentes. Los resultados obtenidos en esta investigación, determinaron que la adición de sábila afecta significativamente la resistencia y durabilidad del concreto, por lo tanto, se recomienda no usar este aditivo para la construcción de estructuras, debido a que disminuye la vida útil de la estructura.

Alvarez Guillén (2017), desarrolló una investigación intitulada: *“Azúcar como aditivo retardante y modificador de resistencia para mezclas de concreto”*, Guatemala. La investigación desarrollada propuso el uso del azúcar como aditivo en la mezcla de concreto, para determinar si éste influye de manera positiva o negativa en la resistencia del concreto. La investigación utilizó azúcar morena y blanca en porcentajes de 0.03%, 0.075% y 0.15%. Para el desarrollo de la investigación se elaboraron 19 probetas cilíndricas las cuales fueron ensayadas a edades de 1, 3, 7,14,28, 56 días de curado. Los resultados obtenidos indican que el uso de azúcar en la mezcla de concreto cualquiera sea el tipo, incrementa el tiempo de fraguado y resistencia a la compresión principalmente en los porcentajes de 0.03% y 0.075% de adición de azúcar; en porcentaje de 0.15% los resultados de la resistencia a la compresión fueron negativos, notándose una disminución de su resistencia.

Quijije Lage (2017), realizó una tesis denominada: *“Análisis comparativo de resistencia a la compresión entre el hormigón tradicional y el hormigón con pigmentos naturales”*, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. La investigación fue desarrollada con la finalidad de brindar información sobre los beneficios que tiene el

uso de hormigones pigmentados en el concreto. Se utilizó diversos hormigones pigmentados, entre ellos están: pigmento natural mineral (calcantita), pigmento natural vegetal (remolacha), estos dos tipos de pigmentos fueron combinados con cemento gris y cemento blanco, las combinaciones y proporciones fueron: 4%, 7% y 10% de calcantita y hormigón con cemento gris; 10%, 30% y 45% de remolacha y hormigón con cemento gris, 10% de calcantita y hormigón con cemento blanco, 30% de remolacha y hormigón con cemento blanco. Para desarrollar la investigación se fabricaron 93 probetas cilíndricas las cuales fueron ensayadas a edades de 7, 14, 21 y 28 días. La investigación desarrollada corresponde a una investigación experimental. De los resultados obtenidos en la investigación, se determina que el uso de calcantita presenta resistencias bajas a edades tempranas actuando como retardante de fraguado, a su vez a mayor adición de calcantita menor es la resistencia a la compresión. De manera similar el uso de pigmento natural (remolacha) con cemento gris y blanco, produjo resultados variables en la resistencia del concreto, mostrando resultados negativos. En ambos tipos de pigmentos naturales utilizados los costos de producción de concreto son mucho mayores que los costos de un concreto convencional.

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

Cárdenas y Jesús (2019), desarrollaron una investigación denominada: “*Diseño de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando gel de aloe vera para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto 2019*”, (Tesis de pregrado), Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. El objetivo de la investigación fue determinar la resistencia a la compresión del concreto producido en Tarapoto al sustituir gel de aloe vera. Los porcentajes de adición de aloe vera utilizados fueron de 1%, 2%, 4% y 6%, con estas

adiciones se realizó el respectivo diseño de mezclas para evaluar las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto. Para el ensayo de resistencia la compresión se fabricaron 45 probetas cilíndricas de concreto, 9 con concreto patrón y 36 con adición de aloe vera, 9 por cada dosificación. Los resultados obtenidos en los ensayos realizados determinaron que a mayor adición de aloe vera el asentamiento del concreto es menor; en cuanto a la resistencia a la compresión, al usar los porcentajes de 1% y 2% los resultados se incrementan de manera ascendente, sin embargo, para los porcentajes de 4% y 6% los valores de resistencia a la compresión empiezan a decrecer.

Oloya y Ponce (2019), desarrollaron una investigación denominada: *“Influencia del uso de mucilago de cactus echinopsis pachanoi como aditivo natural para evaluar la resistencia a compresión, consistencia y permeabilidad del concreto en la ciudad de Trujillo”*, (Tesis de pregrado), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. El objetivo de la investigación fue conocer la influencia del aditivo natural mucilago de cactus echinopsis pachanoi en la resistencia a la compresión, consistencia y permeabilidad del concreto. Los porcentajes de adición utilizados fueron de 0.5%, 1.0% y 1.5% en función al peso de cemento. Para el desarrollo de la investigación se utilizó el método experimental basado en ensayos de laboratorio, realizándose la caracterización de los agregados (fino y grueso) y se estudió el cactus echinopsis pachanoi, para luego realizar el diseño de mezcla considerando una resistencia a la compresión de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Se fabricaron 144 probetas cilíndricas de concreto para el ensayo de resistencia a la compresión, 12 por cada edad de curado y por cada adición; para el ensayo de permeabilidad se elaboraron 8 probetas cilíndricas 2 por cada adición. Los resultados obtenidos determinaron que el concreto elaborado con

adición de 1.5 % de mucílago de cactus *echinopsis pachanoi* del 1.5% presentó resistencias mayores en todas las edades del ensayo; en relación a la permeabilidad este porcentaje de adición presentó la menor profundidad de penetración del agua.

Alcalde y Alcalde (2019), desarrollaron una investigación denominada: “*Análisis comparativo de las principales propiedades mecánicas de un concreto: patrón, con aditivo natural (azúcar) y con aditivo chemaplast*”, (Tesis de pregrado), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. El objetivo de la investigación fue realizar el análisis comparativo de las propiedades mecánicas de un concreto, para ello diseñaron concreto patrón, concreto con aditivo natural (azúcar) y con aditivo Chemaplast, evaluando el estado fresco (tiempo de fraguado, consistencia, temperatura, peso unitario) y en el estado endurecido se evaluó la resistencia a la compresión a edades de 3, 7, 14 y 28 días; para lo cual se tuvo como muestra un total de 84 probetas cilíndricas, considerando 12 probetas para cada diseño ( 3 para cada edad de curado) y considerándose 7 diseños de mezcla. Se realizó el estudio de concreto patrón, concreto con adición de azúcar blanca con dosificaciones de 0.075%, 0.10% y 0.15% con respecto al peso del cemento y concreto con adición de Chemaplast con dosificaciones de 0.85%, 1.13% y 1.41% con respecto al peso del cemento. Los resultados obtenidos indicaron que el uso de azúcar blanca en una proporción de 0.075% ofrece concretos con mayor trabajabilidad, el uso de azúcar en un porcentaje de 0.15% retarda el tiempo de fraguado inicial e incrementa la resistencia en un 221%, mientras que el adicionado con Chemaplast en una dosificación de 1.41% retarda 233% el tiempo de fraguado inicial. Finalmente, se concluyó que el azúcar brinda mayor resistencia a edades finales y el Chemaplast obtiene resultados de modo inverso.

Mujica y Trujillo (2017), desarrollaron una investigación intitulada: *“Evaluación de la variación y desarrollo de la resistencia a compresión del concreto de calidad  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  curado con aloe vera con respecto a curados usuales, usando agregados de las canteras de Vicho y Cunyac”*, (Tesis de grado), Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el concreto durante la etapa de curado, con la finalidad de conocer los efectos que producen diversas condiciones de curado en la resistencia a la compresión del concreto. Se realizó diversos métodos de curado como: curado al ambiente (sin curado), curado sumergido en agua, curado con aditivos (Sika y Chema) y curado con aloe vera y se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. El uso del aloe vera como aditivo curador natural, fue realizado en 1, 2 y 3 capas. Se realizó un análisis comparativo de los diversos métodos de curado empleados y su influencia en la resistencia a la compresión. Los resultados obtenidos determinan que la resistencia a la compresión de testigos curados con aloe vera es mayor que la resistencia a la compresión de testigos curados con aditivos Sika y Chema.

Aburto Moreno (2017), desarrolló una investigación denominada: *“Influencia del aloe vera sobre la resistencia a la compresión, infiltración, absorción capilar, tiempo de fraguado y asentamiento en un concreto estructural”*, (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia del Aloe vera sobre la resistencia a la compresión, infiltración, absorción capilar, tiempo de fraguado, asentamiento en un concreto estructural, para ello se estudió el concreto en estado fresco y endurecido. Se usó Aloe vera en porcentajes del 1%, 2%, 3%, 4%, 5% y 6% respecto al total del concreto,

considerando la corteza, gel y aloína para la obtención del extracto. Los resultados obtenidos para una adición de 2% de aloe vera fueron: una resistencia a la compresión de  $355 \text{ kg/cm}^2$  (incrementando en 41% de la resistencia patrón), la permeabilidad disminuyó 47.9% con un valor de 0.039 pulg/hora, la absorción capilar disminuyó 32% alcanzado un valor de  $1.9 \text{ g/m}^2 \times \text{seg}^{0.5}$ . De los resultados obtenidos se concluyó que la dosificación óptima fue de 2% de adición de aloe vera, mientras que las dosificaciones de 5% y 6% de adición de aloe vera generan resultados desfavorables los cuales indican que no mejora las propiedades del concreto.

Risco Bardales (2016), desarrolló una investigación denominada: “*Comportamiento de la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto adicionado con extracto de sábila, ciudad de Barranca-2016*”, (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo, Perú. La investigación tuvo como finalidad determinar la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto adicionando como aditivo natural extracto de sábila. Para el desarrollo de la investigación se elaboraron 48 briquetas de concreto, 3 muestras por cada edad de curado y por cada adición, se fabricaron briquetas de concreto patrón con una resistencia de diseño de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , los porcentajes de adición del aditivo natural utilizados en la investigación fueron de 0.25%, 0.75% y 1.0% con respecto al peso del cemento, el ensayo de resistencia a la compresión se realizó a edades de 3, 7, 14 y 28 días de curado. La metodología usada corresponde a una investigación cuasi experimental. Los resultados obtenidos en la investigación mostraron que el aditivo natural mejora notablemente la consistencia del concreto, haciendo que esta sea más fluida; en cuanto a la resistencia a la compresión la adición de 0.25% mejora la resistencia a la

compresión a edades tempranas, pero para adiciones superiores a ésta la resistencia la compresión sufre cambios impredecibles haciendo que su resistencia disminuya.

Primo Cubas (2014), desarrolló una investigación denominada: “*Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (Opuntia ficus-indica) en la resistencia a compresión del concreto*”, (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. La investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (Opuntia ficus-indica) en la resistencia a la compresión del concreto. Para ello se tuvo como muestra un total de 36 probetas cilíndricas, 9 probetas con concreto patrón y 27 probetas elaboradas con adiciones de 1%, 3% y 5% de extracto de paleta de tuna en base al peso del cemento. La metodología usada fue experimental debido a que se realizó el ensayo de resistencia a la compresión a una edad de 28 días. Los resultados obtenidos fueron que las probetas con adición de extracto de paleta de tuna (Opuntia ficus-indica) al 1%, incrementaron la resistencia a la compresión del concreto en un 21%, a su vez las probetas fabricadas con adiciones 3% y 5% disminuyeron su resistencia en un 10% y 38% respectivamente (Primo Cubas, 2014).

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

No se encontraron investigaciones ni publicaciones en el ámbito regional y local referidos al uso de aloe vera en el concreto.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Resistencia a la compresión axial del concreto**

Según Rivva López (2013):

La resistencia del concreto, es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar

esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. (p. 36)

También Kosmatka et al. (2004) indica: “la resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto, normalmente se expresa en  $\text{kg/cm}^2$ , a una edad de 28 días” (p.8).

Así mismo Abanto Castillo (2009):

La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). La resistencia a la compresión de un concreto ( $f'c$ ) debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo. (p. 50)

#### **2.2.1.1. Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034).**

El ensayo de resistencia a la compresión se mide rompiendo probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, el valor de la resistencia a la compresión ( $f'c$ ), se calcula a partir de la carga de rotura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en megapascuales (MPa) en unidades del Sistema Internacional (SI). Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada del proyecto. (Abanto Castillo, 2017, p. 36)

#### **2.2.2. Consistencia del concreto**

La consistencia del concreto, “está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada” (Abanto Castillo, 2017, p. 50).

Como también Rivva López (2013) indica:

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. (p.34)

La consistencia según Sánchez de Guzmán (2001): “Se refiere a su estado de fluidez, es decir, que tan dura (seca) o blanda (fluida) es una mezcla de concreto cuando se encuentra en estado plástico, por lo cual se dice que es el grado de humedad de la mezcla” (p.112).

#### **2.2.2.1. Ensayo de consistencia (NTP 339.035).**

El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento o “slump test”, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba desarrollada por Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978. El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldeado. El comportamiento del concreto en la prueba indica su consistencia, o sea su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. (Abanto Castillo, 2017, p. 50)

#### **2.2.3. *Tiempo de fraguado***

El tiempo de fraguado según Kosmatka et al. (2004):

Es la determinación del tiempo que pasa desde el momento de la adición del agua hasta cuando la pasta deja de tener fluidez y de ser plástica (fraguado inicial) y del tiempo para que la pasta adquiera un cierto grado de endurecimiento (fraguado final). (p. 61)

Como también Abanto Castillo (2009) indica:

Tiempo de fragua es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. Hay dos etapas de fraguado, el fraguado inicial cuando la masa empieza a perder plasticidad

y el fraguado final, cuando la pasta de cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido. (p.17)

Así mismo el termino tiempo de fraguado según Sánchez de Guzmán (2001):

Este término se usa para describir el cambio del estado plástico al estado endurecido de una pasta de cemento. Aunque durante el fraguado la pasta requiere de alguna resistencia, para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último se refiere al aumento de resistencia de una pasta de cemento fraguada. (p.45)

### **2.2.3.1. Determinación de la consistencia normal del cemento.**

Utilizar 650 gramos de cemento para la preparación de la pasta. Colocar el cemento en el recipiente de mezclado y agregar agua, permitiendo que la absorción de agua sea durante 30 segundos. Encender la mezcladora y mezclar durante 30 segundos.

Con la pasta de cemento preparada, se forma con las manos una masa esférica, después se coloca la pasta en el molde agarrando con las manos la base menor del molde y llenando completamente el molde con la pasta de cemento, retirando el exceso de masa en la base mayor. Colocar encima la placa de vidrio y voltear el molde retirando el exceso de la base menor con la ayuda de una espátula, alisar la parte superior con la espátula tratando de no comprimir la masa. (Norma Técnica Peruana 334.006, 2003)

Colocar y centrar debajo del vástago la placa de vidrio con el molde que contiene la pasta, se hace descender el vástago hasta que el extremo de la sonda haga contacto con la superficie de la pasta y se fija en esta posición por medio del tornillo. Se lee la posición inicial del indicador en la escala o se desplaza el indicador hasta que coincida con el cero superior, 30 segundos después de terminada la mezcla, se suelta el vástago cuidando que el equipo no esté sometido a ninguna vibración durante el ensayo. Se considera que la pasta tiene consistencia normal cuando la sonda penetra

10 ± 1 mm., 30 segundos después de haber sido soltado. Si no se obtiene la consistencia normal en el primer ensayo, debe repetirse toda la operación, variando la cantidad de agua hasta obtenerla, cada vez que se repite la preparación se debe emplear nuevo cemento. (Norma Técnica Peruana 334.006, 2003)

### **2.2.3.2. Determinación del tiempo de fraguado.**

Para la determinación del tiempo de fraguado, se realiza en primer lugar la consistencia normal del cemento, una vez realizado este procedimiento indicado líneas arriba se debe realizar los procedimientos que se indican:

Mantener la masa preparada anteriormente dentro de la cámara húmeda durante 30 minutos sin que sufra ninguna alteración. Debe determinarse la penetración de la aguja de 1 mm es ese instante y luego debe repetirse cada 15 minutos hasta que se obtenga una penetración de 25 mm o menos. Para el ensayo de penetración debe hacerse descender la aguja del vástago hasta que el extremo haga contacto con la superficie de la pasta de cemento. Debe apretarse el tornillo de sujeción y ajustarse el índice, en el extremo superior anotarse una lectura inicial. Se suelta el vástago rápidamente aflojando el tronillo de sujeción y dejando que la aguja penetre durante 30 segundos, momento en el cual debe tomarse la lectura para determinar la penetración. Las penetraciones deben estar separadas por lo menos 6 mm. entre si y 9 mm. del borde interior del molde. Se anotan los resultados de todas las penetraciones y por interpolación debe determinarse el tiempo obtenido para una penetración de 25 mm, el cual indica el tiempo de fraguado inicial, así mismo El tiempo de fraguado final se determinará, invirtiendo el molde cuando la penetración sea igual o menor a 2 mm y ensayando penetraciones hasta que la aguja no deje marca visible sobre la nueva superficie. (Norma Técnica Peruana 334.006, 2003)

**Figura 1**

*Equipo de aguja de vicat.*



*Nota.* La figura muestra el aparato de vicat que sirve para determinar los ensayos de tiempo de fraguado.

Fuente: Norma Técnica Peruana 334.006. (2003).

#### **2.2.4. Aloe vera**

##### **2.2.4.1. Origen del aloe vera.**

El aloe vera es una planta con alrededor de 360 especies diferentes, pertenece a la familia de las asfodeláceas o liláceas, con hojas perennes en forma de roseta; su tamaño puede alcanzar desde unos cuantos centímetros hasta los 50 cm. Las primeras referencias del aloe vera se encuentran en los Papiros de Ebers y existen numerosos documentos históricos de los egipcios, griegos, romanos, algerianos, árabes, tunecinos, indios, chinos entre otros que hablan de su empleo para uso medicinal y cosmético. Su nombre viene del griego “aloe” que significa la sustancia amarga

billante, la palabra “vera” viene del latín y significa “verdad”. (Domínguez et al., 2012, p. 24)

La primera clasificación de los aloes de la isla de Barbados fue hecha por el botánico Miller, quien reporta que el aloe Barbados Miller es originario de la isla de los Barbados y fue introducido al mundo como producto del comercio marítimo en el caribe. Las primeras plantaciones de importancia datan desde 1870 pero en 1920 se cultivó a mayor escala. Desde entonces se explotó de manera artesanal para la extracción del acíbar. (Domínguez et al., 2012, p. 24)

### **Figura 2**

*Planta de aloe vera (sábila).*



*Nota.* La figura muestra la planta de aloe vera.

Fuente: Domínguez et al. (2012)

#### **2.2.4.2. Estructura y composición química.**

La planta del aloe vera se compone de raíz, tallo, hojas y flores en época de floración. Las hojas crecen alrededor del tallo al nivel del suelo en forma de roseta, desde el centro hacia arriba, que al florecer forma densos racimos de flores tubulares amarillas o rojas. La estructura de las hojas está formada por el exocarpio o corteza, la cual está cubierta de una cutícula delgada. La corteza representa aproximadamente del 20 al 30% del peso de toda la planta y dicha estructura es de color verde o verde azulado,

dependiendo de diversos factores tales como: el lugar, clima y nutrición de la planta. El parénquima, conocido comúnmente como pulpa o gel se localiza en la parte central de la hoja y representa del 65 al 80% del peso total de la planta. (Domínguez et al., 2012, p. 24)

Entre la corteza y la pulpa, ocupando toda la superficie interna de la hoja se encuentran los conductos de aloína, que son una serie de canales longitudinales de pocos milímetros de diámetro por donde circula la savia de la planta conocida como acíbar. El acíbar se puede obtener dejando fluir el líquido de los conductos de aloína; dicha sustancia tiene usos farmacéuticos como laxante. (Domínguez et al., 2012, p. 24)

Con respecto a la composición química la planta aloe vera está constituida por una mezcla compleja de compuestos los cuales se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
*Componentes químicos de la planta de aloe vera.*

<b>Composición</b>	<b>Compuestos</b>
<b>Antraquinonas</b>	Acido aloético, antranol, acido cinámico, ácido crisofánico, emodina, aloe-emodin, ester de ácido cinámico, aloína, isobarbaloina, antraceno, resistanol.
<b>Vitaminas</b>	Ácido fólico, vitamina B1, colina, vitamina B2, vitamina C, vitamina B3, vitamina E, vitamina B6, betacaroteno.
<b>Minerales</b>	Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, manganeso, fosforo, cromo.
<b>Carbohidratos</b>	Celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, aldopentosa, glucomanosa, fructuosa, acemanano, sustancias pépticas, L-ramnosa.
<b>Enzimas</b>	Amilasa, ciclooxidasa, carboxipeptidasa, lipasa, bradikinasas, catalasa, oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxigenasa, superóxido dismutasa.
<b>Lípidos y compuestos orgánicos</b>	Esteroides (campesterol, colesterol), ácido salicílico, sorbato de potasio, triglicéridos, lignina, ácido úrico, saponinas, giberelina, triterpenos.
<b>Aminoácidos</b>	Alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina, treonina, valina.

*Nota.* La tabla indica los componentes químicos del aloe vera.

Fuente: Domínguez et al. (2012).

**Figura 3***Estructura de la hoja de aloe vera.*

*Nota.* La figura muestra la estructura interna de la planta de aloe vera.

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 4***Estructura y microestructura de la hoja de aloe vera.*

*Nota.* La figura muestra la estructura interna de la microestructura de la planta de aloe vera.

Fuente: Domínguez et al (2012).

### 2.2.4.3. Cultivo y transformación del aloe vera.

El aloe crece libremente en la naturaleza, en regiones semidesérticas de clima cálido, le gustan los suelos secos, arenosos y cálcicos. Relativamente fácil de cultivar, el aloe vera, llamado doctor vegetal por los americanos se planta hoy en día en miles de hectáreas de todo

el mundo. El descubrimiento de nuevas propiedades de la planta y de los procesos fiables de estabilización el gel que contienen sus hojas, han provocado una fuerte demanda. (Schweizer, 1994)

#### **2.2.4.4. Procesamiento del gel de aloe vera.**

El procesamiento del gel de aloe vera, inicia con la cosecha de la sábila (aloe vera), esta consiste en cortar las hojas a mano desde la base de la planta; las hojas se transportan a la planta procesadora, para ello se emplean hieleras portátiles o camiones con refrigeración integrada. El proceso de corte puede generar cierto oscurecimiento en las zonas de los cortes debido a la oxidación enzimática. (Domínguez et al., 2012, p. 28)

“El proceso en la planta procesadora involucra un lavado de las hojas frescas con agua y soluciones bactericidas. Generalmente el gel puede ser removido mecánicamente de las capas exteriores por medio de una operación conocida como fileteado” (Domínguez et al., 2012, p. 28).

Domínguez et al. (2012), consideran los siguientes métodos para la obtención del gel:

- **Escurrimiento simple.**

Con este procedimiento se obtiene un gel de excelente calidad, se realizan cortes en la planta y por gravedad se recoge el gel liberado. La desventaja de este método radica en que el tiempo de obtención es muy lento y posee muy bajo rendimiento. (Domínguez et al., 2012, p. 29)

- **Escurrimiento con adición de calor.**

El rendimiento es mayor que con el escurrimiento en frío o simple, ya que al calentar la viscosidad del gel disminuye y se facilita el escurrimiento, pero existe un mayor

daño en los componentes bioactivos y un incremento en las reacciones de oxidación debidas al tratamiento térmico. (Domínguez et al., 2012, p. 29)

- **Separación mecánica por prensado.**

“Con este método se obtienen geles con restos de paredes vegetales de la planta; se ha encontrado que estos restos catalizan una coloración roja en el gel” (Domínguez et al., 2012, p. 30).

- **Separación mecánica manual y frotación de las hojas.**

En este método las hojas del aloe vera son cortadas por sus orillas y se separa de forma manual una de las caras, así la hoja con el gel se raspa con una malla de acero para extraerlo. Este procedimiento es de bajo rendimiento y complicado, ya que la separación de la hoja provoca que en ocasiones material vegetal de las paredes de las hojas se pasen al gel, disminuyendo la calidad del producto. (Domínguez et al., 2012, p. 30)

- **Separación manual por fileteado.**

Cortes manuales a las hojas se realizan fileteando el gel con un cuchillo a partir de aproximadamente 2.5 cm desde la base de la hoja abarcando su extremo superior y las partes laterales. El gel obtenido se licua con aspas de acero. Este es el método más utilizado y que provee mejores rendimientos y una mejor calidad de gel, pero se requiere una mayor mano de obra para realizar esta operación.

El siguiente paso es la molienda, los filetes de gel se homogenizan en un triturador comercial de alta velocidad a una temperatura de 25°C, mientras más largo sea el tiempo de molienda, mayor será el índice de oscurecimiento en el jugo del gel de aloe vera, debido a las reacciones de pardeamiento enzimático. Por lo tanto, al triturar o moler se recomienda emplear alrededor de 10 a 20 minutos para evitar este

oscurecimiento. El gel licuado es de alto rendimiento y apto para su uso en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. (Domínguez et al., 2012, p. 30)

Posteriormente se lleva a cabo una estabilización del gel mediante la adición de enzimas, ésta se lleva a cabo para mantener los compuestos biológicamente activos.

Una vez adicionado las enzimas se hace una filtración; esta operación influye en estabilidad del jugo del gel de sábila y se lleva a cabo la sedimentación de partículas en el producto. (Domínguez et al., 2012, p. 30)

#### **2.2.4.5. Conservación del gel de aloe vera.**

Schweizer (1994), sostiene que:

El gel blanquecino y translucido de la pulpa del aloe es muy inestable. Si se deja al aire libre se oxida rápidamente y este proceso destruye la mayoría de sus propiedades terapéuticas. Incluso puesto en el frigorífico se altera rápidamente. Se entiende que de esta manera el verdadero problema expuesto es su comercialización fuera su estabilización.

Los investigadores que se preocuparon por este problema, han intentado primero exponer el gel a los rayos ultravioleta. Este proceso fue rápidamente abandonado puesto que modificaba su composición química. Se intentó también sin mucho éxito la pasteurización sometiendo el gel a temperaturas superiores a los 60° C, después de haber añadido peróxido de hidrogeno. (p.33)

Algunos adoptaron la técnica del secado en frío al vacío, que daba resultados bastantes buenos, ya que el gel conservaba la mayoría de sus propiedades una vez rehidratado; otros optaron por la técnica de la deshidratación en caliente, con temperaturas medias o muy altas. Se preconizó también la irradiación, pero como para la fruta y las legumbres se renunció rápidamente a este proceso, del que no se conoce aún todas las consecuencias en el organismo. (Schweizer, 194, p. 33)

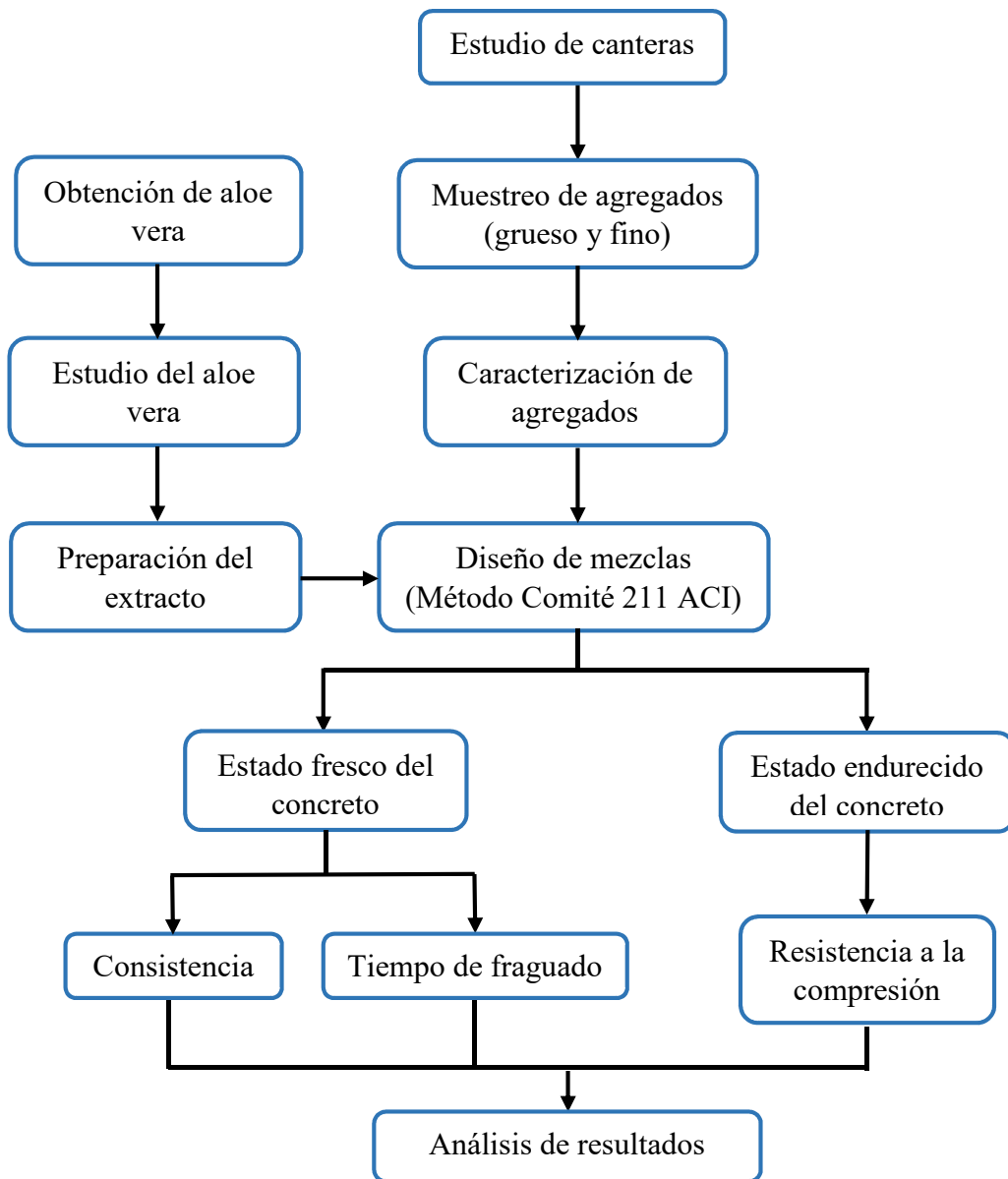
Ninguno de estos métodos permitía conservar las propiedades naturales del gel así tratado, en particular todas sus vitaminas y enzimas, principales valores del producto.

Bill Coats fundador Aloe vera of America quien descubrió y patentó la técnica de conservación más perfeccionada que existe actualmente. Consiste en dejar incubar el gel dentro de cubas, añadiendo vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E (tocoferol) y sorbitol para impedir que se oxide, trabajando con temperaturas precisas obtuvo una reacción química perfecta que permitió la conservación del producto (Schweizer, 194, p. 33)

### ***2.2.5. Pasos para el desarrollo del procedimiento experimental***

Para el desarrollo de la investigación, se siguieron algunos procedimientos con la finalidad de poder obtener los resultados y a partir de ellos realizar el análisis respectivo, para finalmente llegar a conclusiones que indiquen o muestren el aporte que tuvo la investigación. Estos pasos o procedimientos abarcaron desde la primera etapa que es la recolección de información, hasta la etapa final donde se muestran el análisis de resultados y las conclusiones.

En la figura 5, se presenta el flujograma de los pasos o procedimientos desarrollados durante el procedimiento experimental.

**Figura 5***Procedimiento del desarrollo experimental.*

Nota. En la figura se muestra el flujograma indicando los procedimientos para desarrollar experimentalmente la investigación.

Fuente: Elaboración propia

#### a) Estudio de canteras

Esta fue la primera etapa desarrollada en la investigación, que consistió en la recolección de información, este procedimiento se realizó mediante la visita a las canteras

consideradas para el estudio, con la finalidad de observar el proceso de producción de los agregados para posteriormente realizar el estudio respectivo de estos.

#### **b) Muestreo de agregado fino y grueso**

Esta etapa consistió en la obtención y adquisición de muestras de agregados (fino y grueso) de las canteras consideradas para su posterior estudio y uso, se adquirió una cantidad estimada suficiente para poder realizar todos los ensayos respectivos.

#### **c) Caracterización de agregados**

Este procedimiento consistió en la determinación de todas las propiedades de los agregados finos y gruesos, para ello, se realizó un estudio de las siguientes propiedades:

- Análisis granulométrico.
- Gravedad específica y absorción de agregados
- Peso unitario y vacíos de los agregados
- Contenido de humedad de los agregados.
- Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 por lavado.

Todos los ensayos mencionados se realizaron siguiendo los procedimientos que indican las normas respectivas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y las Normas Técnicas Peruanas.

Después de concluir los ensayos respectivos a los agregados, se analizaron los resultados de los agregados de cada una de las canteras y se optó por considerar la que mejores características tuvo, para posteriormente usar los datos en el diseño de mezclas de concreto y emplearlas en la producción de las diferentes muestras de concreto.

#### **d) Obtención del aloe vera**

Esta etapa consistió en la visita a los lugares donde se produce en cantidades mayores la planta de aloe vera, también contempló su adquisición para el estudio de sus propiedades básicas.

**e) Estudio de las propiedades del aloe vera**

En esta etapa se realizó el estudio del aloe vera, principalmente se determinó el contenido de humedad que presenta la planta tanto en la corteza como en el gel.

**f) Preparación del extracto de aloe vera**

Este procedimiento consistió en la preparación del extracto de aloe vera obtenido de la corteza y el gel, para su posterior uso en los diversos ensayos del concreto, tanto en su estado fresco y endurecido.

**g) Diseño de mezclas de concreto**

En esta etapa se realizó el diseño de mezclas de concreto utilizando el método del Comité 211 del ACI. Con los datos obtenidos de la caracterización de los agregados y el estudio de las propiedades del aloe vera; se realizó paso a paso cada secuencia indicada en este método, para determinar las cantidades de materiales que se necesitan para producir concreto con una resistencia de diseño de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  y concretos con adición de aloe vera en las diferentes adiciones consideradas.

**h) Estudio de las propiedades en estado fresco del concreto**

En esta etapa se realizó el estudio de las propiedades en estado fresco del concreto, principalmente se estudió la consistencia y el tiempo de fraguado. Esto se realizó después de concluir con el diseño de mezclas y posteriormente a la preparación de las mezclas de concreto tanto con diseño patrón y con adiciones de aloe vera. Los ensayos se realizaron utilizando los procedimientos que indican las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y las Normas Técnicas Peruanas.

El ensayo de consistencia se realizó en muestras de mezcla de concreto, calculando en todas ellas el asentamiento producido en dicha mezcla; el ensayo de tiempo de fraguado se realizó en muestras de pasta de cemento donde se determinó el tiempo de fraguado inicial y final del cemento.

### **i) Estudio de las propiedades en estado endurecido del concreto**

En esta etapa se realizó el estudio del concreto en estado endurecido, para ello se fabricaron probetas cilíndricas de concreto patrón y de concreto con adiciones de aloe vera. El ensayo en estado endurecido que se realizó fue la resistencia a la compresión axial del concreto, ensayándose a edades de 7, 14 y 28 días de curado.

### **j) Análisis de resultados**

En este procedimiento se realizó el análisis de todos los datos obtenidos de los ensayos elaborados, para ello primero se realizó el cálculo respectivo que es necesario en cada ensayo, seguidamente, con esos datos se realizó el análisis respectivo mediante tablas y gráficos de comparación, luego se procedió a procesar estadísticamente esos datos para mostrar las pruebas de hipótesis calculadas y emitir discusiones en comparación con datos obtenidos por otros autores.

#### **2.2.6. Diseño de mezclas de concreto**

Rivva López (1992), indica que:

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto, se define como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y/o las especificaciones de la obra. (p. 10)

Para seleccionar las proporciones o cantidades de los materiales que componen la mezcla de concreto, el diseñador debe considerar que la composición se determina por:

- Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, las cuales son determinadas por el ingeniero estructural y se encuentran indicadas en los planos y/o especificaciones de la obra. (Rivva López, 1992, p. 10)

- Las propiedades del concreto en estado fresco, las cuales son establecidas por el ingeniero constructor en función del tipo y características de la obra y de las técnicas a ser empleadas en la colocación del concreto. (Rivva López, 1992, p. 10).
- El costo de la unidad cubica de concreto.

#### **2.2.6.1. Método del comité 211 del ACI.**

Método desarrollado por el comité 211 del ACI, en el cual se establece un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple, que permite obtener proporciones de los diferentes materiales que componen la unidad cúbica de concreto. Este procedimiento es aplicable a concretos de peso normal y a las condiciones que se detallan en las tablas utilizadas por este método. (Rivva López, 1992)

“La estimación de las cantidades requeridos para fabricar una unidad cubica de concreto, implica una secuencia de pasos, que permite en función de las características de los materiales, preparar la mezcla adecuada para el trabajo que se va a efectuar” (Rivva López, 1992, p. 129).

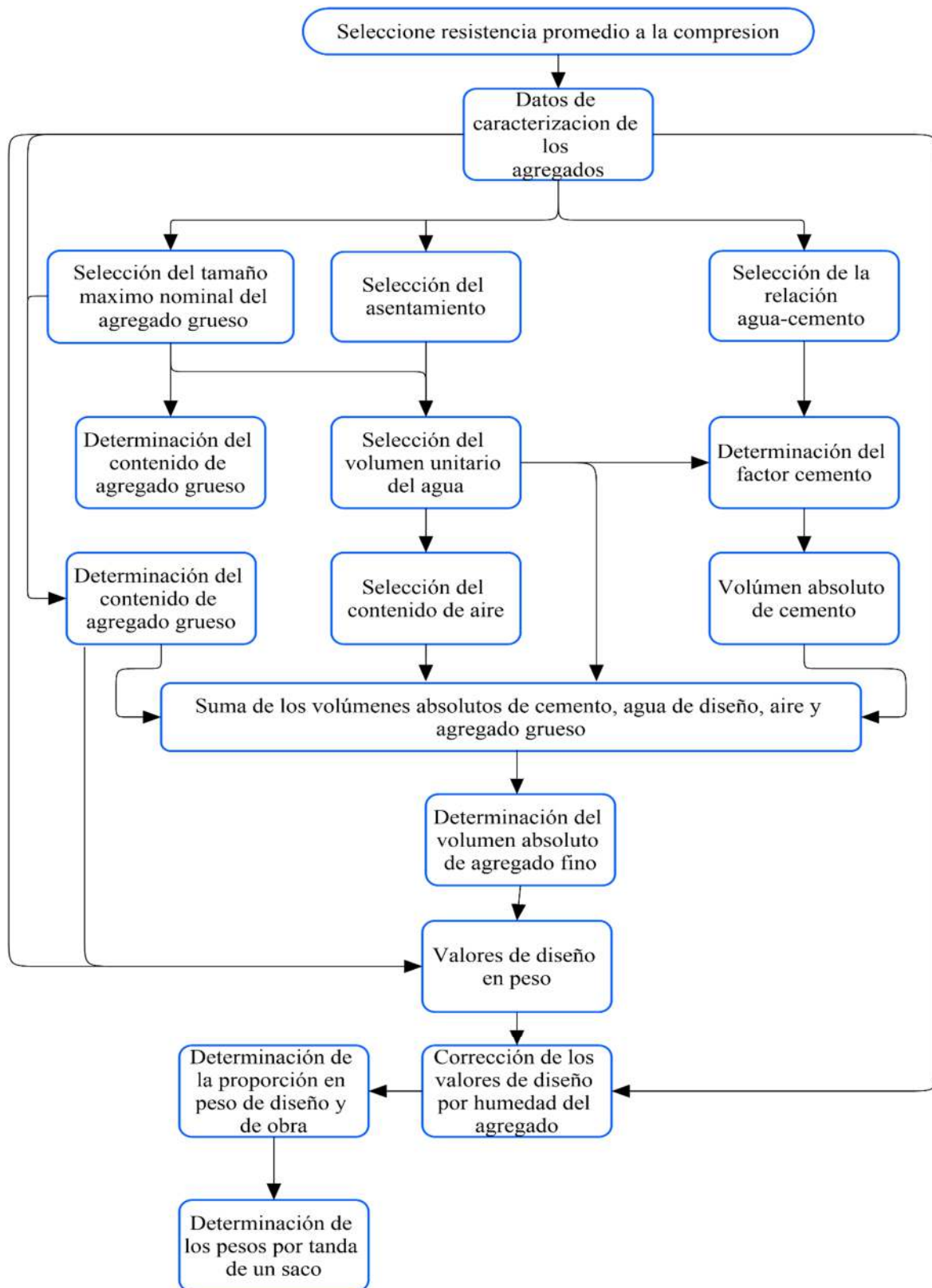
#### **Secuencia de diseño**

Según Rivva López (1992):

Establece la secuencia de pasos para determinar la cantidad de materiales por unidad cubica de concreto, el cual se indica a continuación:

**Figura 6**

*Secuencia de diseño del método 211 del ACI.*



*Nota.* La figura muestra la secuencia de pasos para realizar el diseño de mezclas por el método 211 de ACI.

Fuente: Elaboración propia.

### **2.2.6.2. Método de Walker.**

Este método se desarrolla debido a la preocupación del profesor norteamericano Stanton Walker, en vista a que el procedimiento de diseño de mezclas desarrollado por el Método del comité 211 del ACI estimaba las mismas cantidades de agregado grueso, pese a emplear diferentes resistencias de diseño, diferentes relaciones de agua-cemento, contenido de cemento y características de agregado fino. (Rivva López, 1992)

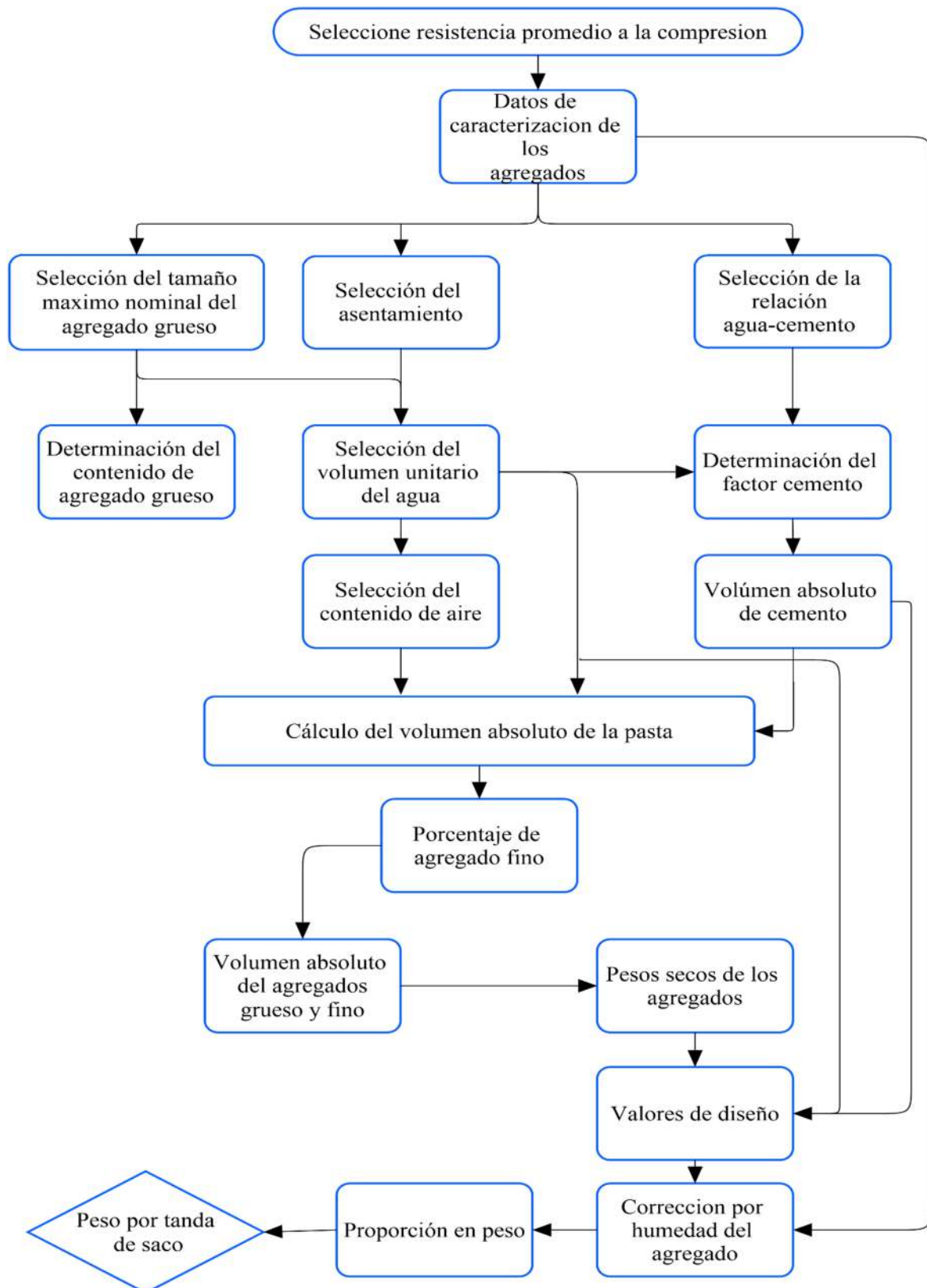
Considerando que la relación fino-grueso debería de variar en función del contenido de la pasta en la mezcla, como también del perfil y del tamaño máximo nominal del agregado grueso, y siendo otro factor que debería ser considerado la mayor o menor fineza del agregado fino, el profesor Walker desarrolló una tabla. En esta tabla se considera la fineza del agregado fino, clasificándolo en tres categorías: fino, mediano y grueso, igualmente se considera si el agregado grueso es de perfil redondeado o angular y para cada uno de los dos casos se considera cuatro alternativas de factor cemento. Todo ello permite encontrar en la tabla un porcentaje de agregado fino que se considera conveniente en relación al volumen absoluto total de agregado, determinándose por diferencia la cantidad de agregado grueso, y conocidos ambos se determina el peso seco de cada uno de ellos en la mezcla. Este procedimiento garantiza una mejor relación fino-grueso en la mezcla de concreto. Así mismo esta tabla corresponde a concretos sin aire incorporado. (Rivva López, 1992, p. 147)

### **Secuencia de diseño**

Según Rivva López (1992), establece los pasos para determinar la cantidad de materiales que conforman una unidad cubica de concreto. Los pasos que este método emplea son los siguientes:

**Figura 7**

*Secuencia de diseño de mezclas del método de Walker .*



*Nota.* La figura muestra la secuencia de pasos para realizar el diseño de mezclas por el método de Walker.

Fuente: Elaboración propia.

### **2.2.6.3. Método del módulo de fineza de la combinación de agregados.**

Según Rivva López (1992): “En este método los contenidos de agregado fino y grueso, varían para las diferentes resistencias, siendo esta variación función principalmente de la relación agua-cemento y del contenido total de agua, expresados a través del contenido de cemento de la mezcla” (p. 159).

Este método tiene como consideración la premisa de que el módulo de fineza del agregado fino o grueso, es un índice de su superficie específica y que en la medida que esta aumenta, se incrementa la demanda de pasta. Como resultado de las investigaciones se ha podido establecer una tabla, donde se muestra los diversos valores del módulo de fineza de la combinación de agregados que brindan mejores condiciones de trabajabilidad para diversos contenidos de cemento por metro cubico de concreto. (Rivva López, 1992, pp. 160-161)

Estos valores están referidos a agregados angulares y adecuadamente graduados, con un contenido de vacío de 35%, a su vez los valores corresponden a concretos sin aire incorporado y pueden producir buenas mezclas cuando se emplean métodos usuales de colocación y compactación, sin embargo, pueden resultar sobrearenosos para ser empleados en pavimentos o en estructuras en las que se usa concreto ciclópeo. (Rivva López, 1992)

## **2.3. Marco conceptual**

### **Concreto**

“El concreto es una estructura compuesta por cemento portland, agregados, agua y aire; en proporciones adecuadas que permitan obtener un elemento que cumpla propiedades de durabilidad y de resistencia a la compresión entre otras” (Abanto Castillo, 2017, p.19).

Así mismo en términos generales, según Sánchez de Guzmán (2001):

El concreto u hormigón puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland hidráulico), un material de relleno (agregado o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión. (p.19)

### **Cemento**

El cemento es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas. (Abanto Castillo, 2009, p. 15)

Según Sánchez de Guzmán (2001), “la palabra cemento indica un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuada” (p. 27).

### **Agregado**

Llamado también áridos, son materias inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros. La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 15% en volumen, de una mezcla típica de concreto. (Abanto Castillo, 2017, pp. 87-88)

“Los agregados, también llamados áridos, son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial) conocido como concreto u hormigón” (Sánchez de Guzmán, 2001, p. 65).

### **Agregado grueso**

Se define agregado grueso al material retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc. (Abanto Castillo. 2009, p. 90)

“Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz ITINTEC 4.75 mm (N° 4) y cumple los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037, el agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturado, piedra partida” (Rivva, López, 1992, p. 21).

### **Agregado fino**

“Se considera como agregado fino a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8”) y que cumplen con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037” (Abanto Castillo. 2009, p. 88).

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz ITINTEC 9.5 mm (3/9”) y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. el agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturado o una combinación de ambas. (Rivva, López, 1992, p. 19)

### **Resistencia a la compresión**

Así mismo, Abanto Castillo (2009) indica:

La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). La resistencia a la compresión de un concreto ( $f'c$ ) debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo. (p. 50)

También Kosmatka et al. (2004) indica, “La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto, normalmente se expresa en  $\text{kg/cm}^2$  a una edad de 28 días” (p.8).

### **Consistencia del concreto**

Rivva López (2013), indica:

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. (p.34)

Así mismo la consistencia, Según Sánchez de Guzmán (2001):

Se refiere a su estado de fluidez, es decir, que tan dura (seca) o blanda (fluida) es una mezcla de concreto cuando se encuentra en estado plástico, por lo cual se dice que es el grado de humedad de la mezcla. (p.112)

### **Trabajabilidad**

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado sin segregación alguna. No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad, generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia. Trabajabilidad y consistencia son propiedades que están relacionadas, lo que permite tomar la consistencia como un indicador de la trabajabilidad. (Abanto Castillo, 2017, pp. 49-50)

Así mismo la trabajabilidad, Según Sánchez de Guzmán (2001):

Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que se presente segregación. (p. 31)

**Fraguado**

“Pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. Hay dos etapas de fraguado el fraguado inicial y el fraguado final” (Abanto Castillo, 2009, p.17).

Así mismo el termino fraguado. Según Sánchez de Guzmán (2001), “Este término se usa para describir el cambio del estado plástico al estado endurecido de una pasta de cemento” (p.45).

**Tiempo de fraguado inicial**

El tiempo de fraguado inicial. Según Kosmatka et al. (2004), “Es la determinación del tiempo que pasa desde el momento de la adición del agua hasta cuando la pasta deja de tener fluidez y de ser plástica” (p. 61).

Así mismo, según Abanto Castillo (2009), “el fraguado inicial cuando la masa empieza a perder plasticidad” (p.17).

**Tiempo de fraguado final**

El tiempo de fraguado final. Según Kosmatka et al. (2004), “Es la determinación del tiempo para que la pasta adquiriera un cierto grado de endurecimiento” (p. 61).

Así mismo el tiempo de fraguado final se determina, según Abanto Castillo (2009), “Cuando la pasta de cemento deja de ser deformable” (p.17).

**Aloe vera**

Conocido también como sábila, es una planta que posee innumerables propiedades regenerativas, curativas, humectantes, lubricantes y nutritivas. Según Domínguez et al. (2012), “Su nombre viene del griego “aloe” que significa la sustancia amarga brillante, la palabra “vera” viene del latín y significa “verdad” (p. 24).

## Capítulo III

### Metodología de investigación

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. *Hipótesis general*

El uso de aloe vera como aditivo natural, influye en la resistencia a la compresión axial, consistencia y tiempo de fraguado del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  en la ciudad de Abancay-Apurímac, 2018.

##### 3.1.2. *Hipótesis específicas*

- a) El uso de aloe vera como aditivo natural, influye en la resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .
- b) El uso de aloe vera como aditivo natural, influye en la consistencia del concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ .
- c) El uso de aloe vera como aditivo natural, influye en el tiempo de fraguado del concreto.

## **3.2. Método**

### **3.2.1. Método de la investigación**

En la presente investigación, se determinó la influencia de la adición del aloe vera en la resistencia a la compresión axial, consistencia y tiempo de fraguado del concreto  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , para dicho fin se usó el método de investigación experimental.

Según Behar Rivero (2008), indica:

El método experimental ha sido uno de los que más resultados ha dado. Aplica la observación de fenómenos, que en un primer momento es sensorial. Con el pensamiento abstracto se elaboran las hipótesis y se diseña el experimento, con el fin de reproducir el objeto de estudio, controlando el fenómeno para probar la validez de las hipótesis. La esencia de la concepción de experimento es que éste involucra la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles efectos. Se refiere a la manipulación deliberada de una o más variables independientes para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador. (p. 47)

En la investigación se realizó el experimento de adicionar aloe vera en la mezcla del concreto en diferentes proporciones y así poder ver de qué manera influye sobre las propiedades físicas del concreto como resistencia a la compresión axial, consistencia y tiempo de fraguado para ello se contó con dos grupos, un grupo experimental y un grupo control.

### **3.2.2. Orientación**

En la investigación los problemas de investigación son concretas, considerándose una investigación aplicada ya que no se buscó desarrollar nuevas teorías.

Según Behar Rivero (2008), indica:

Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica, activa, dinámica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto queda aclarado si nos percatamos de que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico. Busca confrontar la teoría con la realidad. Es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías. (p. 20)

### **3.2.3. Enfoque**

En la investigación desarrollada se recolectaron datos numéricos pertenecientes al campo de la ingeniería, considerándose de esta manera un enfoque cuantitativo.

Según Hernández et al. (2014), indica:

El enfoque cuantitativo (que representa, un conjunto de procesos) secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (p. 128).

En la investigación se plantearon las preguntas, objetivos que se quiere responder y determinar, para ello se elaboró un marco teórico con el sustento de bibliografías relacionadas a la investigación, así mismo de las preguntas se plantearon hipótesis, y se

determinaron las variables dependientes e independientes, se elaboraron muestras empleando los pasos indicados en las bibliografías usadas como referencia, para que puedan ser medidos, analizados y finalmente poder determinar las debidas conclusiones.

#### **3.2.4. *Recolección de datos***

En cuanto a la recolección de datos la investigación realizada pertenece a una investigación transversal porque “Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado” (Hernández et al., 2014, p. 154).

La recolección de datos en la investigación se dio solo en instantes ya determinados, para las diferentes pruebas establecidas mencionadas en el marco teórico.

### **3.3. Tipo de investigación**

La presente investigación corresponde a una investigación aplicada. Según Behar Rivero (2008), indica:

Este tipo de investigación también recibe el nombre de práctica, activa, dinámica. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. Toda investigación aplicada requiere de un marco teórico. Busca confrontar la teoría con la realidad. Es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías. (p. 20)

En la investigación realizada, se emplearon los conocimientos de la Ingeniería Civil para desarrollar experimentos por medio de ensayos de laboratorio, en condiciones controladas para así obtener y analizar los resultados, logrando determinar la aceptación o rechazo de las respectivas hipótesis planteadas.

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

“Los estudios correlacionales tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o

contexto en particular, en ocasiones se analiza la relación entre dos variables” (Hernández et al., 2014, p. 93).

En este sentido la investigación realizada fue de alcance correlacional, ya que muestra las relaciones entre la variable independiente que corresponde al aloe vera como aditivo natural y la dependiente que corresponde a la resistencia a la compresión, consistencia y tiempo de fraguado. Se analizó y comprobó la influencia de la variable independiente sobre la dependiente.

### **3.5. Diseño de la investigación**

La finalidad de la investigación fue estudiar la influencia del aloe vera sobre la resistencia a la compresión axial de concreto, como también su influencia en el asentamiento y tiempo de fraguado.

Se consideró un diseño experimental, porque existe manipulación de variables, en el caso de esta investigación se manipuló la adición de aloe vera en diferentes proporciones en la mezcla del concreto, para experimentar los cambios en sus cualidades físicas en su estado fresco y endurecido.

“Los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. Pero, para establecer influencias” (Hernández et al., 2014, p. 130).

El requisito que debe cumplir una investigación para ser experimental Según Hernández et al. (2014) es:

La manipulación intencional de una o más variables independientes. La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente, y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente. (p. 130)

Según Hernández et al. (2014): “La variable dependiente no se manipula, sino que se mide para ver el efecto que la manipulación de la variable independiente tiene en ella” (p. 131).

Así mismo el grado de manipulación de la variable independiente. Según Hernández et al. (2014), “Puede realizarse en dos o más grados, el nivel mínimo de manipulación es de presencia o ausencia de la variable independiente, cada nivel o grado de manipulación comprende un grupo en el experimento” (p. 131). En ese entender la presencia o ausencia de la variable independiente en este grado o nivel implica que “Un grupo se expone a la presencia de la variable independiente y el otro no. Posteriormente, los dos grupos se comparan para saber si el grupo expuesto a la variable independiente difiere del grupo que no fue expuesto” (Hernández et al., 2014, p. 131).

En la investigación se analizó la relación que guarda la variable independiente con relación a la variable dependiente, así mismo los efectos causados de esta variable sobre el grupo experimental en relación al grupo control.

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

**Variable independiente:** Adición de aloe vera.

**Variable dependiente:** Resistencia a la compresión del concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ , consistencia y tiempo de fraguado del concreto

**Tabla 2**  
*Operacionalización de variables*

Variable	Concepto científico	Concepto operacional	Dimensiones	Indicadores
<b><u>Independiente</u></b> Adición de aloe vera	<p>“Aloe vera es una planta que pertenece a la familia de las asfodeláceas o liláceas, con hojas perennes en forma de roseta” (Domínguez et al., 2012, p. 24)</p> <p>“Es una planta originaria de Africa del norte, perenne, con hojas dispuestas en rosetas, alcanzando los 40-50 cm de largo y los 6-10 cm de grosor” (Schweizer, 1994).</p>	Adición de aloe vera en la mezcla del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ como parte de su componente expresado en kg.	Cantidades de aloe vera	peso
<b><u>Dependiente</u></b> Resistencia a la compresión	<p>“La resistencia del concreto es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse” (Rivva López, 2013, p.36)</p> <p>“se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto” (Kosmatka et al. 2004, p. 8)</p>	Se mide rompiendo probetas cilíndricas de concreto en la máquina de ensayos de compresión, el valor de la resistencia a la compresión, se calcula a partir de la carga de rotura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga (Abanto Castillo, 2017) esta medida se expresará en $\text{kg/cm}^2$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia a la compresión.</li> </ul>	esfuerzo
Consistencia	<p>“Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada” (Abanto Castillo, 2017, p. 50)</p> <p>“La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma” (Rivva López, 2013, p. 34)</p>	El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldeado. El comportamiento del concreto en la prueba indica su consistencia (Abanto Castillo, 2017) Esta medida se expresará en centímetros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>fluidez</li> </ul>	asentamiento
Tiempo de fraguado	<p>“tiempo que pasa desde el momento de la adición del agua hasta cuando la pasta deja de tener fluidez y de ser plástica” (Kosmatka et al. 2004, p. 61)</p> <p>“Este término se usa para describir el cambio del estado plástico al estado endurecido de una pasta de cemento” (Sánchez de Guzmán, 2001, p. 45)</p>	El ensayo consiste en hacer mediciones de penetración cada 15 minutos en la pasta de cemento con el aparato aguja de vicat y por interpolación se determinará el tiempo para una penetración de 25 mm y ese tiempo nos indicara el tiempo de fraguado inicial, así mismo El tiempo de fraguado final se determinará, invirtiendo el molde cuando la penetración sea igual o menor a 2 mm y ensayando penetraciones hasta que la aguja no deje marca visible. (Norma Técnica Peruana 334.006, 2003) Esta medida se expresará en minutos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de fraguado</li> </ul>	tiempo

Nota. La tabla muestra la operacionalización de la variable independiente y la variable dependiente, indicando sus conceptos científicos, las dimensiones, e indicadores.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.7. Población, muestra y muestreo

#### **Población:**

La investigación abarcó el estudio de concretos diseñados a una resistencia a la compresión  $f^c=210\text{kg/cm}^2$ , empleados en las superestructuras principalmente de viviendas (losas, columnas, vigas).

Lepkowski (como se citó en Hernández et al., 2014), indica que la población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones.

La población considerada para el desarrollo de la presente tesis corresponde a probetas cilíndricas de concreto para los ensayos de resistencia a la compresión, muestras cilíndricas de pasta de cemento para los ensayos de tiempo de fraguado y cantidades de mezcla fresca de concreto para los ensayos de consistencia del concreto. En tal sentido la población considerada corresponde a los siguientes elementos que se muestran a continuación:

**Tabla 3**

*Población considerada en la investigación*

<b>Población considerada para el estudio</b>	
Ensayo de resistencia a la compresión	Probetas cilíndricas de concreto
Ensayo de tiempo de fraguado	Muestras cilíndricas de pasta de cemento
Ensayo de consistencia	Mezcla fresca de concreto

*Nota.* En la tabla mostrada se da a conocer la población considerada para el estudio de la tesis para los diversos ensayos considerados.

Fuente: Elaboración propia

#### **Muestreo:**

La técnica de muestreo utilizada en la investigación corresponde a un muestreo no probabilístico intencionado, considerando que las condiciones de estudio las estableció el

investigador de acuerdo a su juicio y tomando ciertos conocimientos o criterios, esta forma de determinar la muestra no se basa en probabilidades el cual requiere del uso de fórmulas para su respectivo cálculo, para ello se pudo identificar las condiciones de estudio que contempla la investigación y a partir de ello determinar la cantidad de muestra a emplear en el estudio.

Behar Rivero (2008), indica que: “En el muestreo intencionado el investigador selecciona los elementos que a su juicio son representativos, lo que exige un conocimiento previo de la población que se investiga” (p. 53).

### **Muestra:**

Según Behar (2008), establece que:

La muestra es un subgrupo de la población, el cual es un subconjunto de elementos que pertenecen a la población. Para determinar la muestra es necesario definir el plan, justificar los universos en estudio, el método a utilizar y el proceso de selección de las unidades de análisis. (p. 51)

En los muestreos no probabilísticos cada investigador está facultado y en la libre disposición de determinar la cantidad de muestra que considere conveniente, ya que algunos estudios requieren tratamientos especiales para el desarrollo de todo su experimento. En este caso para la determinación de la muestra se tuvo como referencia la Norma Técnica Peruana 339.034 la cual considera como mínima muestra de ensayo 3 unidades.

Para la investigación desarrollada, la cantidad de muestra se determinó de la siguiente manera:

- **Para los ensayos de resistencia a la compresión**

$n_1=9$  probetas cilíndricas de concreto (15 cm x 30 cm) elaborados para el ensayo de resistencia a la compresión, los cuales fueron ensayados en 3 edades (diseño patrón o sin adición de aloe vera).

$n_2=45$  probetas cilíndricas de concreto (15 cm x 30 cm) elaborados para el ensayo de resistencia a la compresión con adición de aloe vera, se elaboró 9 muestras de probetas cilíndricas de concreto por cada adición de aloe vera, teniendo cinco adiciones (1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0%) las cuales fueron ensayadas en 3 edades (7, 14 y 28 días), considerando tres muestras por cada edad.

**Tabla 4**  
*Cantidad de muestra para ensayo de resistencia  
diseño patrón*

Edad (días)	Cantidad de probetas cilíndricas diseño patrón
7	3
14	3
28	3
<b>Total</b>	<b>9</b>

*Nota.* La tabla muestra la cantidad de muestra utilizada para el ensayo de resistencia a la compresión para concreto patrón.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5**  
*Muestra para ensayo de resistencia a la compresión con adición de A.V*

Edad (días)	Cantidad de probetas cilíndricas por adición de aloe vera					Total
	A.V (1.0%)	A.V (1.5 %)	A.V (2.0%)	A.V (2.5%)	A.V (3.0%)	
7	3	3	3	3	3	15
14	3	3	3	3	3	15
28	3	3	3	3	3	15
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>45</b>

*Nota.* La tabla indica la cantidad de muestra utilizada para el ensayo de resistencia a la compresión con adición de A.V en diferentes porcentajes.

Fuente: Elaboración propia.

- **Para el ensayo de tiempo de fraguado**

$n_1= 3$  muestras cilíndricas de pasta fresca elaborados para el ensayo del tiempo de fraguado (diseño patrón o sin adición de aloe vera).

$n_2=15$  muestras cilíndricas de pasta fresca elaborados para el ensayo del tiempo de fraguado, considerándose 5 adiciones y 3 muestras por cada adición.

**Tabla 6**

*Muestra para ensayo de tiempo de fraguado con y sin adición de A.V*

Descripción		Cantidad de muestras cilíndricas	Total
Diseño patrón		3	3
Adición de aloe vera	A.V (1.0 %)	3	15
	A.V (1.5 %)	3	
	A.V (2.0%)	3	
	A.V (2.5%)	3	
	A.V (3.0%)	3	

*Nota.* La tabla mostrada indica la muestra considerada para el ensayo de tiempo de fraguado con y sin adición de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

- **Para el ensayo de asentamiento del concreto (slump)**

$n_1=3$  muestras de mezcla fresca de concreto elaborados para el ensayo de asentamiento del concreto (diseño patrón o sin adición de aloe vera).

$n_2=15$  muestras de mezcla fresca de concreto elaborados para el ensayo de asentamiento del concreto, teniendo 5 adiciones las cuales fueron ensayadas tres muestras por cada adicción.

**Tabla 7**

*Muestra para el ensayo de asentamiento con y sin adición de A.V*

Descripción		Cantidad de muestras de mezcla de concreto	Total
Diseño patrón		3	3
Adición de aloe vera	A.V (1.0%)	3	15
	A.V (1.5%)	3	
	A.V (2.0%)	3	
	A.V (2.5%)	3	
	A.V (3.0%)	3	

*Nota.* La tabla mostrada indica la cantidad de muestras de mezcla de concreto empleadas para el ensayo de consistencia con y sin adición de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8. Técnicas e instrumentos

#### 3.8.1. *Técnicas e instrumentos empleados en la investigación*

Una investigación no tiene sentido sin las técnicas de recolección de datos, éstas técnicas conducen a la verificación del problema planteado y recopilación de evidencias. Las técnicas de investigación se determinan de acuerdo al tipo de investigación, cada técnica tiene sus herramientas, instrumentos o medios que deben ser empleados. (Behar Rivero, 2008, p. 54)

##### 3.8.1.1. Técnicas.

**Observación:** Toda investigación cualquiera sea el método que se use, tiene como técnica la observación. Esta técnica consiste en el registro sistemático, válido y confiable del comportamiento que se produce en los elementos de observación, puede usarse como instrumento de medición en muy diversas circunstancias. Son técnicas no obstructivas debido a que el instrumento de medición no estimula el comportamiento de los sujetos, simplemente registran algo que fue estimulado por otros factores ajenos al instrumento de medición.

A continuación, se detallan las técnicas utilizadas para la recolección de la información:

- Se utilizó la técnica de la observación directa para analizar los comportamientos y dar a conocer los resultados de todos los ensayos elaborados tanto a los agregados (fino y grueso) como a las muestras elaboradas que se detallaron en el ítem 3.7.
- Se realizaron pruebas estandarizadas utilizando las Normas Técnicas Peruanas y las Normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, las cuales fueron aplicadas en cada uno de los ensayos ejecutados en la investigación.

### **3.8.1.2. Instrumentos.**

Los instrumentos que se utilizaron en la investigación fueron instrumentos electrónicos y mecánicos de laboratorio normalizados y calibrados, para su control de estos instrumentos se utilizó formatos que ayudaron en la recolección, interpretación y análisis de los datos, estos formatos están basados en las siguientes normas.

- MTC E 704 Resistencia a la compresión testigos cilíndricos.
- MTC E 705 Asentamiento del concreto (slump)
- MTC E 606 Tiempo de fraguado del cemento portland (método de vicat)

De manera similar los resultados obtenidos fueron expresados mediante diagramas de comparación, los cuales ayudaron a explicar las conclusiones.

### **3.9. Consideraciones éticas**

La investigación se desarrolló cumpliendo el cronograma planteado, los instrumentos utilizados y las normas empleadas en la realización de los diferentes ensayos se cumplieron fielmente, obteniendo así datos fidedignos.

A su vez la investigación desarrollada se planteó de acuerdo a la problemática del área en estudio, se manipularon los datos con la mayor veracidad y honestidad, acorde a los materiales encontrados en la zona, lo cual indica que el trabajo es original y único, más no una copia de investigaciones o trabajos similares existentes.

### **3.10. Procesamiento estadístico**

Las pruebas de hipótesis, denominadas también pruebas de significación, tienen como objetivo principal evaluar suposiciones o afirmaciones acerca de los valores estadísticos de la población, los cuales se denominan parámetros. Las hipótesis se deben formular en forma correcta o lógica, pueden ser formuladas con el fin de rechazarlas de acuerdo con el análisis estadístico. (Martínez Bencardino, 2012, pp. 324-325)

Para el presente estudio se consideró hipótesis nulas y alternas, el uso de cada una de ellas depende de lo que se quiere probar, la diferencia entre ambas hipótesis se muestra a continuación.

**Hipótesis nula**  $H_0: [\mu_x = \mu_y]$ : “es aquella por medio de la cual se hace una afirmación sobre un parámetro que se va a constatar con el resultado muestral” (Martínez Bencardino, 2012, p. 328).

**Hipótesis alterna**  $H_a: [\mu_x > \mu_y], [\mu_x < \mu_y], [\mu_x \neq \mu_y]$ , : es aquella que difiere de la hipótesis nula, es decir ofrece una alternativa afirmando que la hipótesis nula es falsa. La hipótesis alterna establece que el parámetro puede ser mayor (prueba unilateral a la derecha), menor (prueba unilateral a la izquierda) o igual (prueba bilateral) de acuerdo con la propuesta hecha en la hipótesis nula. (Martínez Bencardino, 2012, p. 328)

La comprobación de las hipótesis nulas planteadas, se realizó mediante pruebas estadísticas paramétricas, haciendo uso de la distribución t “student” para diferencia entre dos medias muestrales.

### ***3.10.1. Procedimiento utilizado en las pruebas de hipótesis***

Martínez Bencardino (2012), en su libro estadística y muestreo establece que los pasos o procedimientos para el desarrollo de pruebas de hipótesis son los siguientes:

- Formular la hipótesis nula y alterna
- Seleccionar el nivel de significación
- Conocer o estimar la varianza
- Determinar la técnica y la prueba estadística
- Determinar los valores críticos y sus regiones de rechazo
- Calcular los datos muestrales, utilizando las formulas correspondientes
- Tomar la decisión estadística de aceptar o rechazar

A continuación, se detalla todo el procedimiento y pasos utilizados para el desarrollo de la prueba de cada una de las hipótesis planteadas, cabe indicar que se probaron cada una de las hipótesis específicas para concreto elaborados con y sin adición de aloe vera en cada una de sus adiciones y para cada uno de los ensayos elaborados, teniendo un total de 15 hipótesis planteadas y probadas (5 adiciones y 3 ensayos elaborados por cada adición).

**a) Planteamiento de la hipótesis.**

Para la prueba de hipótesis se consideró una prueba bilateral, ya que el estudio contempla medir la influencia del uso de aloe vera como aditivo en la mezcla de concreto, por tanto, se desconoce que los resultados a obtener resulten positivos o negativos.

$$H_0: [\mu_x = \mu_y]$$

$$H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$$

Donde:

$$H_0 = \text{hipotesis nula}$$

$$H_a = \text{hipotesis alterna}$$

**b) Nivel de significancia.**

Las investigaciones consideran un nivel de significancia o error de 5%, siendo  $\alpha=0.05$ , el cual indica que el resultado es significativo.

**c) Estadístico.**

Para realizar las pruebas de hipótesis, se consideró la Distribución “t” de Student para diferencia entre dos medias muestrales. El estadístico se calculó utilizando la fórmula mostrada:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}}}$$

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 + \sum(y_i - \bar{y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Donde:

$t = t_c$  (“t” calculado).

$\bar{x}$ : promedio de la muestra 1 (con aloe vera)

$\bar{y}$ : promedio de la muestra 2 (sin aloe vera)

$n_1$ : muestra 1 (con aloe vera)

$n_2$ : muestra 2 (sin aloe vera)

$s^2$ : desviación estándar

#### **d) Determinación de la región crítica.**

La región crítica o zona de rechazo de la hipótesis, se determinó como una prueba bilateral (con 2 colas) ya que no se sabe si la adición de aloe vera influye de manera positiva o de manera negativa, el nivel de significancia queda dividido entre la mitad de su valor, es decir ambas colas tendrán un valor de  $\alpha=0.025$  lo que corresponde a un nivel de significancia de 2.5%.

La región crítica se determina con el  $t_t$  (“t” tabulado), el cual se obtiene de las tablas presentadas en la distribución “t” de Student, la cual se muestra a continuación:

**Figura 8**

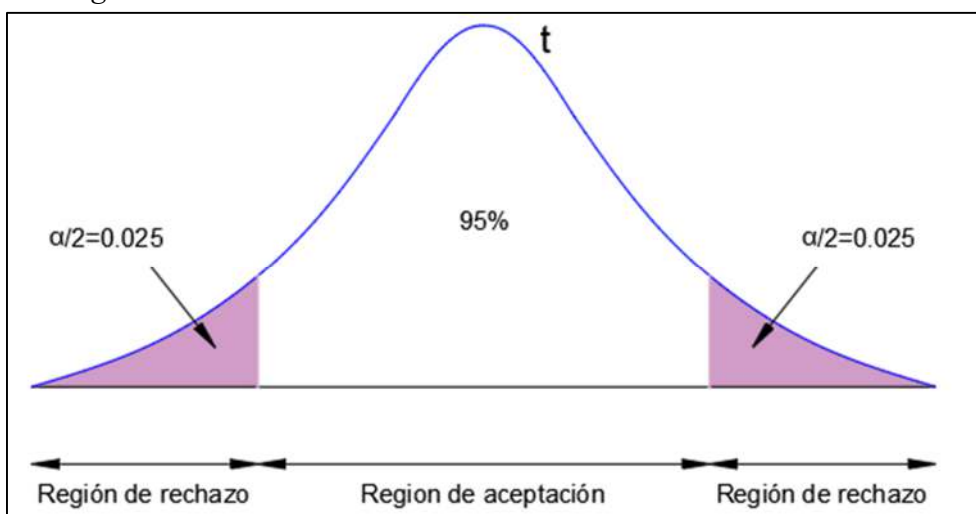
Tabla de búsqueda de datos de la distribución “t” Student.

v grados de libertad	$\alpha/2$												
	0,0005	0,001	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,45	0,475
1	636,619	318,309	63,657	31,821	12,706	6,314	3,078	1,376	1,000	0,727	0,325	0,158	0,079
2	31,599	22,327	9,925	6,965	4,303	2,920	1,896	1,061	0,816	0,617	0,289	0,142	0,071
3	12,924	10,215	5,841	4,541	3,182	2,353	1,638	0,978	0,765	0,584	0,277	0,137	0,068
4	8,610	7,173	4,604	3,747	2,776	2,132	1,533	0,941	0,741	0,569	0,271	0,134	0,067
5	6,869	5,893	4,032	3,365	2,571	2,015	1,476	0,920	0,727	0,559	0,267	0,132	0,066
6	5,959	5,208	3,707	3,143	2,447	1,943	1,440	0,906	0,718	0,553	0,265	0,131	0,065
7	5,408	4,785	3,499	2,998	2,365	1,895	1,415	0,896	0,711	0,549	0,263	0,130	0,065
8	5,041	4,501	3,355	2,896	2,306	1,860	1,397	0,889	0,706	0,546	0,262	0,130	0,065
9	4,781	4,297	3,250	2,821	2,262	1,833	1,383	0,883	0,703	0,543	0,261	0,129	0,064
10	4,587	4,144	3,169	2,764	2,228	1,812	1,372	0,879	0,700	0,542	0,260	0,129	0,064
11	4,437	4,025	3,106	2,718	2,201	1,796	1,363	0,876	0,697	0,540	0,260	0,129	0,064
12	4,318	3,930	3,055	2,681	2,179	1,782	1,356	0,873	0,695	0,539	0,259	0,128	0,064
13	4,221	3,852	3,012	2,650	2,160	1,771	1,350	0,870	0,694	0,538	0,259	0,128	0,064
14	4,140	3,787	2,977	2,624	2,145	1,761	1,345	0,868	0,692	0,537	0,258	0,128	0,064
15	4,073	3,733	2,947	2,602	2,131	1,753	1,341	0,866	0,691	0,536	0,258	0,128	0,064
16	4,015	3,686	2,921	2,583	2,120	1,746	1,337	0,865	0,690	0,535	0,258	0,128	0,064
17	3,965	3,646	2,898	2,567	2,110	1,740	1,333	0,863	0,689	0,534	0,257	0,128	0,064
18	3,922	3,610	2,878	2,552	2,101	1,734	1,330	0,862	0,688	0,534	0,257	0,127	0,064
19	3,883	3,579	2,861	2,539	2,093	1,729	1,328	0,861	0,688	0,533	0,257	0,127	0,064
20	3,850	3,552	2,845	2,528	2,086	1,725	1,325	0,860	0,687	0,533	0,257	0,127	0,063
21	3,819	3,527	2,831	2,518	2,080	1,721	1,323	0,859	0,686	0,532	0,257	0,127	0,063
22	3,792	3,505	2,819	2,508	2,074	1,717	1,321	0,858	0,686	0,532	0,256	0,127	0,063
23	3,768	3,485	2,807	2,500	2,069	1,714	1,319	0,858	0,685	0,532	0,256	0,127	0,063
24	3,745	3,467	2,797	2,492	2,064	1,711	1,318	0,857	0,685	0,531	0,256	0,127	0,063
25	3,725	3,450	2,787	2,485	2,060	1,708	1,316	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
26	3,707	3,435	2,779	2,479	2,056	1,706	1,315	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
27	3,690	3,421	2,771	2,473	2,052	1,703	1,314	0,855	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
28	3,674	3,408	2,763	2,467	2,048	1,701	1,313	0,855	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
29	3,659	3,396	2,756	2,462	2,045	1,699	1,311	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
30	3,646	3,385	2,750	2,457	2,042	1,697	1,310	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
31	3,633	3,375	2,744	2,453	2,040	1,696	1,309	0,853	0,682	0,530	0,256	0,127	0,063
32	3,622	3,365	2,738	2,449	2,037	1,694	1,309	0,853	0,682	0,530	0,255	0,127	0,063
33	3,611	3,356	2,733	2,445	2,035	1,692	1,308	0,853	0,682	0,530	0,255	0,127	0,063
34	3,601	3,348	2,728	2,441	2,032	1,691	1,307	0,852	0,682	0,529	0,255	0,127	0,063
35	3,591	3,340	2,724	2,438	2,030	1,690	1,306	0,852	0,682	0,529	0,255	0,127	0,063
$\alpha$	0,001	0,002	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,95

Nota. La figura muestra los valores correspondientes para el cálculo de la región crítica en una distribución “t”.  
Fuente: Martínez Bencardino (2012).

**Figura 9**

Diagrama bilateral de la distribución “t” Student.



Nota. La figura muestra las zonas de aceptación y rechazo que establece la distribución “t” para pruebas bilaterales.  
Fuente: Elaboración Propia.

El  $t_t$  se calculó, mediante la siguiente fórmula:

$$t_t \left( \frac{\alpha}{(n_1 + n_2 - 2)gl} \right)$$

Donde:

$t_t$  = "t" tabulado.

$gl$  = grados de libertad.

$n_1$ : muestra 1 (con aloe vera)

$n_2$ : muestra 2 (sin aloe vera)

$\alpha = 0.025$

**e) Adoptar una decisión.**

De acuerdo a los resultados obtenidos del cálculo del estadístico y la región crítica con el nivel de significancia adoptado, se procedió a aceptar o rechazar la hipótesis nula.

## Capítulo IV

### Resultados y discusión

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. *Estudio de canteras y muestreo de los agregados*

Todo estudio o investigación que se realiza y que contempla el uso de agregados, requiere un estudio de las propiedades de éste, para realizarlo es necesario identificar las canteras de agregado existente en la zona de estudio o identificar las canteras proveedoras de agregado.

En la ciudad de Abancay, existen diversas canteras dedicadas a la producción de agregado grueso y fino, éstas se encuentran ubicadas en su mayoría en la vía asfaltada PE-3S Cusco-Lima. En la investigación desarrollada se extrajeron muestras representativas de agregados de las canteras: Pedregal, Ballón, Quispe y Murillo, estudiando así cada una de las propiedades de cada agregado (grueso y fino).

Para la extracción de muestras de agregado se realizó la visita respectiva a las canteras y se observó el proceso de obtención de los agregados, ello contempla la maquinaria utilizada y el tipo de roca o materia prima utilizada. La materia prima empleada para la obtención de agregados corresponde a rocas provenientes de depósitos aluviales, por ser de origen aluvial indica que en la zona existe acumulación de rocas de tamaño grande, lo cual

es un beneficio para los propietarios de las canteras debido a que disponen de cantidades considerables de materia prima.

Para tener mayor conocimiento de la ubicación exacta de las cuatro canteras en estudio, en la tabla 8 se muestran las coordenadas de ubicación de cada cantera visitada de las cuales se obtuvieron las muestras representativas.

**Tabla 8**  
*Coordenadas de ubicación de las canteras en estudio*

Descripción	Canteras			
	Pedregal	Murillo	Quispe	Ballón
Este (m)	725370	723413	725558	725135
Norte (m)	8483885	8488094	8484225	8486039
Altitud (m.s.n.m.)	1825	1760	1808	1780

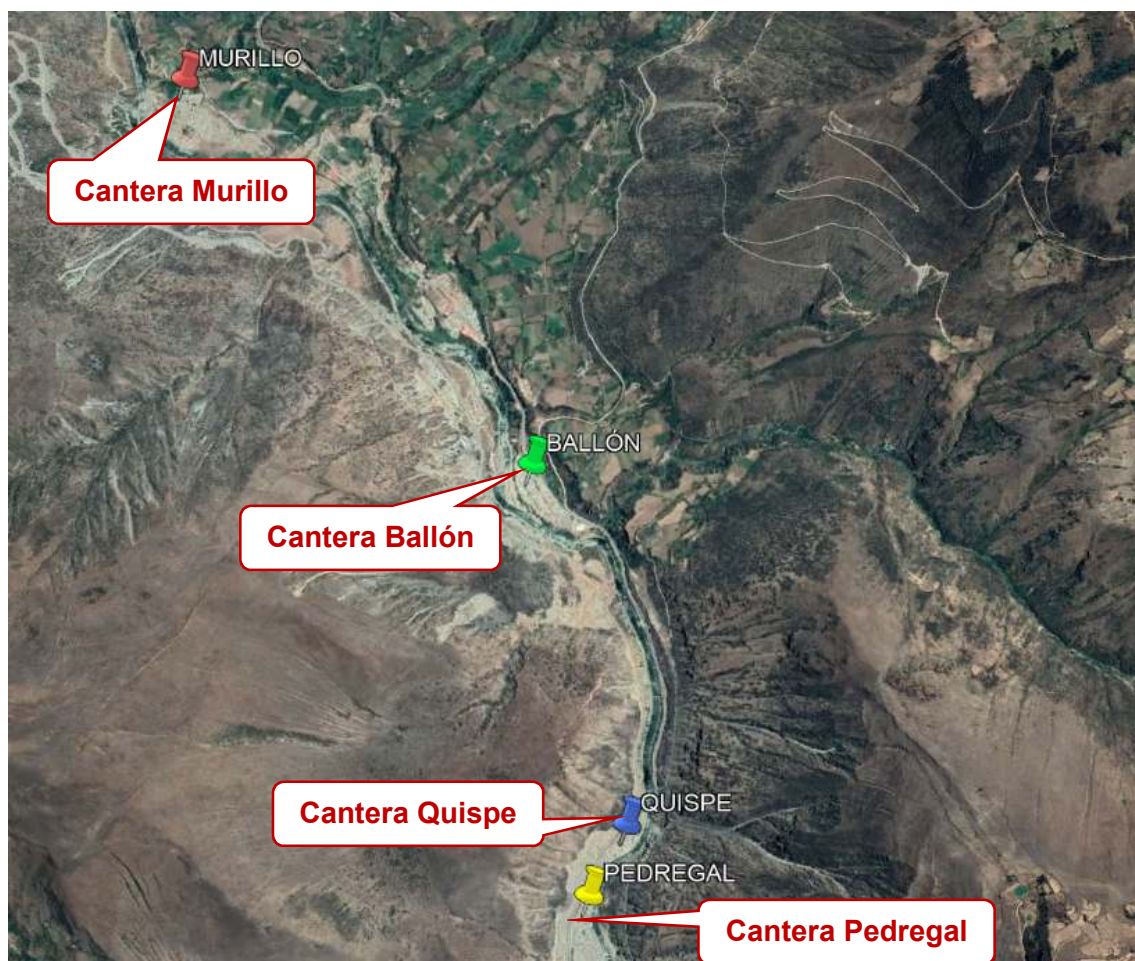
*Nota.* La tabla muestra las coordenadas de ubicación de las canteras visitadas y las cuales fueron consideradas en el estudio.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10, se presenta la ubicación de las canteras en estudio de las cuales se obtuvieron muestras representativas de agregado (grueso y fino) para su posterior estudio.

**Figura 10**

*Mapa de ubicación de las canteras estudiadas.*



*Nota.* La figura muestra un mapa de ubicación de las canteras que se estudiaron en la investigación, ubicadas en la ciudad de Abancay.

Fuente: Elaboración propia

- **Muestreo de agregados**

La obtención de muestras de agregado de las cuatro canteras estudiadas, se realizó considerando que para producir un concreto de resistencia a la compresión  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  se requiere agregados gruesos de diámetros  $\frac{1}{2}$ "; por lo tanto, de cada cantera se extrajo alrededor de 50 kg. de muestra de cada agregado grueso de  $\frac{1}{2}$ " y 50 kg. de agregado fino, los cuales fueron suficientes para el desarrollo de todos los ensayos requeridos para realizar la selección del mejor agregado.

Las muestras representativas de agregado de cada cantera se codificaron, de tal manera que facilite la presentación de los resultados en las tablas, estas codificaciones han sido usadas en los diversos ensayos realizados a los agregados y se expresaron de la siguiente manera:

**Tabla 9**

*Cuadro de codificación de las muestras de agregado de cada cantera*

<b>Codificación</b>	<b>Descripción</b>
MC-1	Muestra de la cantera Pedregal.
MC-2	Muestra de la cantera Murillo.
MC-3	Muestra de la cantera Quispe.
MC-4	Muestra de la cantera Ballón.

*Nota.* La tabla muestra la codificación utilizada para expresar los resultados de las diferentes muestras de agregado de las canteras estudiadas.

Fuente: Elaboración propia

Estas abreviaturas o codificaciones se utilizaron para expresar los resultados obtenidos de los diversos ensayos elaborados a los agregados, las cuales se muestran en los anexos, la misma codificación se aplicó para las muestras representativas tanto de agregados gruesos y finos.

#### **4.1.2. Estudio de los agregados**

El estudio de las propiedades de los agregados es fundamental, porque permite seleccionar el mejor agregado ya sea grueso o fino, para luego emplearlo en el diseño de mezclas de concreto.

Para seleccionar el mejor agregado grueso y fino a emplear en el desarrollo de esta investigación, se realizaron todos los ensayos necesarios que requieren los agregados entre las cuales se encuentran:

- Análisis granulométrico
- Contenido de humedad,

- Peso específico y absorción
- Peso unitario y vacío de los agregados
- Cantidad de material más fino que pasa por el tamiz N° 200 por lavado

Todos los ensayos mencionados se realizaron para las muestras representativas de agregado (grueso y fino) obtenidas de las 4 canteras estudiadas, se procedió a emplear los procedimientos establecidos en las respectivas normas para cada ensayo, comparando los resultados entre cada una de las canteras, para finalmente seleccionar la muestra de una de las canteras de acuerdo a los resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas.

Los resultados que se obtuvieron de todos los ensayos realizados a las diferentes muestras de agregado se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 10**  
*Resultados de los ensayos realizados a las diferentes muestras de agregado.*

Descripción	Cantera			
	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4
<b>Características del Agregado grueso</b>				
Tamaño máximo de los Agregados (pulgadas)	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
Peso específico superficialmente seco (gr/cm <sup>3</sup> )	2.683	2.698	2.719	2.708
Peso unitario Suelto (gr/cm <sup>3</sup> )	1.377	1.379	1.387	1.381
Peso unitario Compactado (gr/cm <sup>3</sup> )	1.519	1.554	1.540	1.545
Cont. De Humedad (%)	0.69 %	0.79 %	0.23 %	0.41 %
% de material fino que pasa el tamiz N° 200	1.61 %	1.67 %	1.15 %	1.36 %
<b>Características del Agregado fino</b>				
Módulo de Fineza	2.84	3.70	3.09	3.53
Pe bulk ( Base saturada ) gr/cm <sup>3</sup>	2.646	2.660	2.657	2.670
Peso unitario Suelto (gr/cm <sup>3</sup> )	1.550	1.587	1.573	1.574
Peso unitario Compactado (gr/cm <sup>3</sup> )	1.666	1.733	1.740	1.719
Cont. De Humedad (%)	3.77 %	3.19 %	1.48 %	2.63 %
% de material fino que pasa el tamiz N° 200	7.06 %	9.59 %	8.96 %	8.54 %

Nota. La tabla muestra los resultados de los diferentes ensayos realizados a muestras de agregado fino y grueso de las 4 canteras en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Dónde: MC-1: Muestra de la cantera Pedregal.

MC-2: Muestra de la cantera Murillo.

MC-3: Muestra de la cantera Quispe.

MC-4: Muestra de la cantera Ballón.

Como se puede observar en la tabla mostrada anteriormente, la muestra de agregado que obtuvo mejores resultados corresponde a la cantera El Pedregal (MC-1), con los datos obtenidos de esta cantera se realizó el diseño de mezclas para concreto patrón y concreto adicionando aloe vera en la mezcla.

#### ***4.1.3. Estudio del aloe vera como aditivo natural***

- **Obtención del aloe vera.**

La planta de aloe vera o conocido comúnmente como sábila, es muy comercializado en la ciudad de Abancay ya que tiene innumerables propiedades, principalmente lo utilizan como componente principal en la producción artesanal de los champús, asimismo en la medicina alternativa, se usa como remedio para la enfermedad de la gastritis, desinflamante de golpes externos del cuerpo, asimismo, como remedios caseros para tratar las manchas en la piel, tratamiento de caspa en el cuero cabelludo y también en el tratamiento del cabello.

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó un estudio de esta planta, ya que fue utilizada como componente en la mezcla del concreto, para ello la planta se adquirió de la zona de San Gabriel ubicada al sur oeste de la ciudad de Abancay, en esta zona la producción de aloe vera se realiza en mayores cantidades debido a que son comercializados para la elaboración de champús y medicina alternativa.

En la figura 11, se muestra la zona y el lugar de donde se obtuvo la planta de aloe vera.

**Figura 11**

*Visita a la zona de obtención de la planta de aloe vera.*



*Nota.* La figura muestra la planta de aloe vera en la zona de San Gabriel.

Fuente: Elaboración propia

La forma en la que el aloe vera se incorporó a la mezcla de concreto, fue mediante la obtención de un extracto de la planta. El extracto a ser utilizado en el presente estudio se obtuvo de las hojas de dicha planta y para el estudio se consideró el exocarpio o llamado también corteza con 2mm a 3mm. de gel.

Se utilizó el método de obtención denominado separación por fileteado para separar la corteza y el gel, el cual consiste en realizar el corte de las hojas en pequeños trozos para luego separar la corteza del gel (corteza con 2mm a 3mm. de gel).

**Figura 12**

*Proceso de fileteado de las hojas de la planta de aloe vera.*



*Nota.* La figura muestra el proceso de fileteado de las hojas de la planta aloe vera, el cual fue realizado en trozos pequeños.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 13**

*Proceso de separación del gel de aloe vera con la corteza.*



*Nota.* La figura muestra el proceso de separación del gel y la corteza de la planta de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

El proceso de obtención del extracto de aloe vera que fue empleado en la elaboración de la mezcla de concreto, a su vez utilizado en la elaboración de probetas cilíndricas y en los ensayos del concreto en estado fresco (tiempo de fraguado, consistencia), se realizó mediante un licuado de la corteza extraída utilizando una licuadora. El licuado se realizó sin añadir agua, ya que esta planta posee en su estructura interna cantidades de agua, tanto en la corteza como en el gel.

#### **Figura 14**

*Licuado de la planta de aloe vera para obtención del extracto.*



*Nota.* La figura muestra el proceso de obtención del extracto, mediante el licuado del gel y la corteza de la planta de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

Las proporciones de extracto de aloe vera utilizado como adición en la mezcla de concreto, se calculó en base al peso obtenido en el diseño de mezcla del concreto. En la investigación desarrollada se consideró 5 adiciones de aloe vera para cada uno de los ensayos considerados.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se elaboraron 9 probetas cilíndricas para cada adición de aloe vera, la cantidad de aloe vera utilizada en cada una de ellas se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 11**

*Cantidad de aloe vera utilizada en el ensayo de resistencia a la compresión.*

<b>Adiciones de aloe vera</b>	<b>Cantidad de probetas cilíndricas</b>	<b>Cantidad de aloe vera (gr.)</b>
A.V (1.0%)	9	1,119
A.V (1.5%)	9	1,678
A.V (2.0%)	9	2,237
A.V (2.5%)	9	2,797
A.V (3.0%)	9	3,356

*Nota.* La tabla muestra la cantidad de aloe vera utilizada para el ensayo de resistencia a la compresión en cada adición empleada.

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar, que la mezcla producida para la elaboración de probetas cilíndricas de concreto, fue utilizada también para el desarrollo del ensayo de consistencia (test slump), por lo cual las proporciones de aloe vera empleadas en el ensayo de consistencia fueron las mismas que se emplearon para el ensayo de resistencia a la compresión.

Para el ensayo de tiempo de fraguado se fabricaron muestras cilíndricas de pasta de cemento, adicionando cierta cantidad de aloe vera para cada adición, a continuación, se muestra la cantidad de aloe vera utilizada en cada adición.

**Tabla 12**

*Cantidades de aloe vera utilizada en el ensayo de tiempo de fraguado.*

<b>Adiciones de aloe vera</b>	<b>Muestras cilíndricas (und.)</b>	<b>Cantidad de aloe vera por 1 und. (gr.)</b>	<b>Cantidad de aloe vera (gr.)</b>
A.V (1.0%)	3	8.8	26.4
A.V (1.5%)	3	13.2	39.6
A.V (2.0%)	3	17.6	52.8
A.V (2.5%)	3	22.1	66.3
A.V (3.0%)	3	26.5	79.5

*Nota.* La tabla muestra la cantidad de aloe vera utilizada para el ensayo de tiempo de fraguado en cada adición empleada.

Fuente: Elaboración propia

- **Ensayos realizados al aloe vera.**

Para tener un mejor estudio de las propiedades del aditivo natural de aloe vera, se determinó el contenido de humedad existente en ambas partes (corteza y gel), con el objetivo de calcular la cantidad de agua contenida en dicha planta y así poder tener mejor control del agua a utilizar en la preparación de las respectivas muestras de ensayo.

- **Determinación del contenido de humedad del aloe vera**

El ensayo de contenido de humedad realizado a la planta de aloe vera, consiste en el mismo procedimiento que se aplica para la elaboración de este mismo ensayo a los agregados tanto gruesos y finos.

En el estudio se determinó el contenido de humedad tanto del gel y de la corteza, los resultados respectivos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 13**

*Ensayo de contenido de humedad de la corteza y gel del aloe vera.*

<b>Contenido de humedad del aloe vera</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Peso antes de la exposición al horno (gr.)</b>	<b>Peso después de la exposición al horno (gr.)</b>	<b>Contenido de humedad (%)</b>
corteza	123.1	5.5	95.53
gel	100.7	0.8	99.21

*Nota.* La tabla muestra el contenido de humedad que presenta la planta de aloe vera en su estructura interna.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que la planta de aloe vera contiene porcentajes altos de agua en su estructura interna, por lo tanto, esta planta está compuesta casi en su totalidad de agua y algunos diversos componentes químicos.

#### **4.1.4. Diseño de mezclas de concreto**

El diseño de mezclas de concreto fue realizado utilizando el método del Comité 211 del ACI. Se siguió la secuencia de pasos que establece este método para finalmente obtener

las cantidades de los materiales componentes del concreto necesarios para producir probetas cilíndricas.

Las dosificaciones de materiales componentes del concreto (cemento, arena gruesa, piedra chancada, agua, aloe vera) se calcularon para una cantidad de 9 probetas cilíndricas, siendo las cantidades a emplear las que se muestran en la tabla 14. El desarrollo del diseño de mezclas paso a paso se detalla en los anexos (Ver anexo).

**Tabla 14**

*Cantidad de materiales para elaboración de C.P y concreto adicionando A.V.*

<b>Dosificación para vaciado de probetas cilíndricas de concreto con adición de aloe vera</b>						
<b>Adición Aloe Vera</b>	<b>V.C. Para 9 Probetas (m3)</b> $v = \pi * 0.075^2 * 0.30$	<b>Cemento (gr)</b>	<b>Arena (gr)</b>	<b>Piedra (gr)</b>	<b>Agua (gr)</b>	<b>Aloe vera (gr)</b>
Patrón (0.0%)	0.047713	15,334	42,316	44,986	9,235	0
A.V (1.0%)	0.047713	15,334	42,316	44,986	9,235	1,119
A.V (1.5%)	0.047713	15,334	42,316	44,986	9,235	1,678
A.V (2.0%)	0.047713	15,334	42,316	44,986	9,235	2,237
A.V (2.5%)	0.047713	15,334	42,316	44,986	9,235	2,797
A.V (3.0%)	0.047713	15,334	42,316	44,986	9,235	3,356

*Nota.* La tabla muestra la dosificación de los materiales que componen el concreto, tanto para concreto patrón y concreto con adiciones de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

Las dosificaciones de materiales mostradas en la tabla anterior se utilizaron para elaborar probetas cilíndricas con mezcla patrón y con mezcla adicionando aloe vera. Se puede observar que la cantidad de cemento, arena, piedra chancada de ½” y agua, son las mismas tanto para el concreto patrón como para el concreto con diferentes adiciones de aloe vera, la única variación presentada es la cantidad de aloe vera adicionada, estos porcentajes

fueron calculados en base al peso total de la mezcla. Así se observa en la tabla que según se incrementa el porcentaje de adición de aloe vera, la cantidad adicionada aumenta.

#### ***4.1.5. Elaboración y preparación de muestras de ensayo***

- **Elaboración de probetas cilíndricas de concreto.**

Para el estudio del ensayo de resistencia a la compresión se elaboraron 9 probetas cilíndricas de concreto para la mezcla patrón y 45 probetas cilíndricas de concreto con mezcla adicionando aloe vera, sumando en total 54 muestras de probetas cilíndricas, considerando a su vez 3 edades de ensayo (7, 14 y 28 días) y 3 muestras por cada edad.

Para la elaboración de la mezcla de concreto se utilizó el agregado fino y grueso proveniente de la cantera Pedregal, debido a que las muestras de agregado de dicha cantera obtuvieron mejores resultados en los estudios realizados a los agregados. A su vez considerando los pasos establecidos en el diseño de mezclas presentados por el comité 211 del ACI, se procedió a preparar la mezcla de concreto en un trompo de 1 pie 3.

Se elaboraron probetas cilíndricas de concreto patrón y se desmoldaron al día siguiente de su vaciado, seguidamente se colocaron en un pozo con agua para realizar el proceso de curado durante 28 días. De manera similar se elaboraron probetas cilíndricas con concreto adicionando aloe vera en la mezcla, sin embargo, fueron desmoldadas de 3 días debido a que el aloe vera generó un retraso en el tiempo de fraguado inicial, del mismo modo se realizó el curado durante 28 días.

En las figuras 15 y 16, se observa la preparación de la mezcla y la elaboración de probetas cilíndricas para el ensayo de resistencia a la compresión.

**Figura 15**

*Preparación de mezcla de concreto patrón para elaborar probetas cilíndricas.*



*Nota.* La figura muestra el proceso de preparación de la mezcla de concreto para la fabricación de las probetas cilíndricas

Fuente: Elaboración propia

**Figura 16**

*Elaboración de probetas cilíndricas muestra patrón.*



*Nota.* La figura muestra el proceso de elaboración de probetas cilíndricas diseño patrón.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 17**

*Preparación de mezcla de concreto con adición A.V.*



*Nota.* La figura muestra el proceso de preparación de la mezcla de concreto con adición de aloe vera para la fabricación de las probetas cilíndricas

Fuente: Elaboración propia

**Figura 18**

*Elaboración de probetas cilíndricas con adición de aloe vera.*



*Nota.* La figura muestra el proceso de elaboración de probetas cilíndricas con adición de aloe vera.

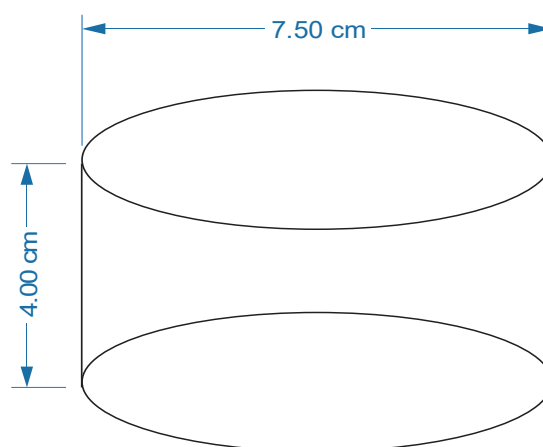
Fuente: Elaboración propia

- **Elaboración de muestras cilíndricas de pasta de cemento para el ensayo de tiempo de fraguado**

Para el desarrollo del ensayo de tiempo de fraguado se fabricaron muestras cilíndricas hechas con pasta de cemento. Los moldes utilizados tienen una forma cilíndrica cuyo diámetro es de 7.5 cm y altura=4 cm, con un volumen de  $176.715 \text{ cm}^3$ , este molde reposa sobre una base de vidrio de 10 cm x 10 cm x 0.5 mm., la superficie del molde es de material no absorbente con una resistencia física y química a los ataques de la pasta de cemento, la forma y medidas del molde se puede observar en la figura mostrada a continuación.

**Figura 19**

*Volumen del molde cilíndrico para preparación de muestras de ensayo.*



*Nota.* En la figura se observa el molde cilíndrico para la preparación de la pasta de cemento

Fuente: Elaboración propia

**Procedimiento para la preparación de la pasta de cemento**

La pasta de cemento se preparó siguiendo el procedimiento indicado en la norma MTC E 605, el cual indica que debe ser preparada con una consistencia normal, empleando

la cantidad de agua requerida hasta obtener una pasta que permita la penetración de  $10 \pm 1$  mm. del embolo del equipo de Vicat, después de 30 segundos de concluida su preparación.

La cantidad de cemento utilizada para preparar una unidad de muestra fue de 650 gramos y la cantidad de agua utilizada se calculó como porcentaje en función al peso del cemento seco, para el estudio el porcentaje de agua utilizada fue de 35% en función al peso del cemento seco.

La preparación de la pasta consistió en añadir agua al cemento y mezclarlo, con la pasta preparada se formó una masa esférica con las manos para luego colocarla y llenarla en el molde, retirando el exceso de pasta del molde de la parte superior, luego se colocó la placa de vidrio y se volteó el molde para retirar el exceso de pasta de la parte inferior.

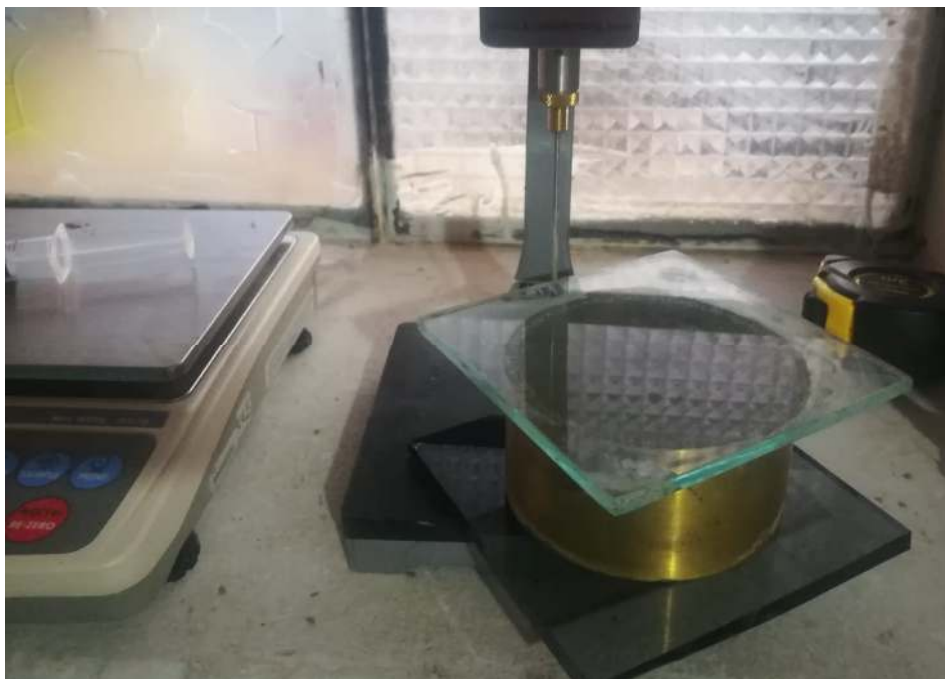
#### **Determinación de la consistencia normal**

Para determinar la consistencia normal de la pasta de cemento se colocó el molde con la pasta sobre la placa de vidrio centrándolo debajo del vástago, “seguidamente descender el vástago hasta que el extremo de la sonda haga contacto con la superficie de la pasta y se fija la posición con un tornillo. Seguidamente se suelta el vástago sobre la pasta, luego de 30 segundo se lectura la profundidad de penetración. Se considera que la pasta tiene consistencia normal cuando la sonda penetra  $10 \pm 1$  mm. después de 30 segundos de haber sido soltado. En caso no se obtenga la consistencia normal en el primer ensayo debe repetirse esta operación variando la cantidad de agua hasta obtener la consistencia normal. En cada prueba se debe emplear cemento nuevo” (Norma Técnica Peruana 334.006, 2003).

En la figura 20 se muestra el procedimiento realizado para la obtención de la consistencia normal de la pasta de cemento.

**Figura 20**

*Determinación de la consistencia normal de la pasta de cemento.*



*Nota.* La figura muestra el proceso de obtención de la consistencia normal de la pasta de cemento para el ensayo de tiempo de fraguado.

Fuente: Elaboración propia

Las cantidades de cemento, agua y aloe vera utilizadas para la preparación de la pasta de cemento con consistencia normal se indican en la tabla mostrada a continuación:

**Tabla 15**

*Materiales empleados para fabricar pasta de cemento con consistencia normal.*

<b>Consistencia normal del cemento MTC E 605</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cemento (gr.)</b>	<b>Agua (gr.)</b>	<b>Aloe vera (gr.)</b>
Patrón	650	232	0.0
A.V ( 1.0%)	650	232	8.8
A.V ( 1.5%)	650	232	13.2
A.V ( 2.0%)	650	232	17.6
A.V ( 2.5%)	650	232	22.1
A.V ( 3.0%)	650	232	26.5

*Nota.* La tabla muestra las cantidades de los materiales empleados para fabricar pasta de cemento con consistencia normal en muestra patrón y muestra con adiciones de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla indica las cantidades de materiales que se necesitan para fabricar una unidad de muestra de molde cilíndrico con pasta de cemento con consistencia normal, tanto en muestras patrón y en muestras adicionadas con aloe vera. Con estas cantidades de materiales se elaboraron muestras cilíndricas de pasta de cemento para el ensayo de tiempo de fraguado.

#### ***4.1.6. Resultados del uso de A.V en la resistencia a la compresión del concreto***

En la investigación se realizó el estudio del concreto en estado endurecido, realizando el ensayo de resistencia a la compresión axial. El ensayo se realizó para muestras patrón y muestras con adición de aloe vera, empleándose las adiciones mencionadas en la descripción del estudio.

Es importante considerar protocolos o procedimientos establecidos y normados para el desarrollo de los ensayos realizados con la finalidad de generar resultados confiables y verdaderos, para tal efecto se tomó como referencia los procedimientos indicados en las Normas Técnicas Peruanas y en las normas establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

- **Evaluación de la resistencia a la compresión.**

Este ensayo fue realizado utilizando una máquina de compresión axial la cual consiste en la aplicación de una carga de compresión a probetas cilíndricas de concreto hasta que se presente una falla.

Es necesario que las superficies de contacto de las probetas cilíndricas de concreto estén limpias y niveladas, para lo cual se procedió a realizar el capeo o capping de las probetas cilíndricas utilizando azufre, para luego someterlas a compresión.

Las probetas cilíndricas fueron sometidas a compresión de acuerdo a la edad de curado, considerándose 3 edades de curado: 7, 14 y 28 días, contados a partir de su elaboración.

Los resultados obtenidos de este ensayo, elaborados tanto a probetas cilíndricas de concreto patrón y probetas de concreto con adición de aloe vera se muestran en las tablas y figuras respectivas mostradas a continuación:

**Tabla 16**  
Resultados de resistencia a la compresión axial a edad de 7 días de curado.

Descripción	N° de testigo	Resist. diseño $f'_c$ = (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo		Edad (días)	Área de testigo (cm <sup>2</sup> )	Carga sometida (kg.)	Resistencia obtenida			
			Moldeo	Rotura				Resist. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. (%)	Resist. Promed. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. Promedio (%)
<b>Patrón</b>	1	237	10/02/2020	17/02/2020	7	180.49	43430	240.6	<b>101.5</b>		
	2	237	10/02/2020	17/02/2020	7	182.34	42700	234.2	<b>98.8</b>	<b>241.2</b>	<b>101.8</b>
	3	237	10/02/2020	17/02/2020	7	177.52	44160	248.8	<b>105.0</b>		
<b>A.V (1.0%)</b>	1	237	11/02/2020	18/02/2020	7	177.50	42590	239.9	<b>101.2</b>		
	2	237	11/02/2020	18/02/2020	7	176.31	41730	236.7	<b>99.9</b>	<b>238.3</b>	<b>100.6</b>
	3	237	11/02/2020	18/02/2020	7	176.91	42160	238.3	<b>100.6</b>		
<b>A.V (1.5%)</b>	1	237	11/02/2020	18/02/2020	7	177.95	42300	237.7	<b>100.3</b>		
	2	237	11/02/2020	18/02/2020	7	178.30	42120	236.2	<b>99.7</b>	<b>237.0</b>	<b>100.0</b>
	3	237	11/02/2020	18/02/2020	7	178.13	42210	237.0	<b>100.0</b>		
<b>A.V (2.0%)</b>	1	237	13/02/2020	20/02/2020	7	177.80	40560	228.1	<b>96.3</b>		
	2	237	13/02/2020	20/02/2020	7	181.78	41090	226.0	<b>95.4</b>	<b>231.4</b>	<b>97.6</b>
	3	237	13/02/2020	20/02/2020	7	179.78	43167	240.1	<b>101.3</b>		
<b>A.V (2.5%)</b>	1	237	13/02/2020	20/02/2020	7	178.58	42764	239.5	<b>101.0</b>		
	2	237	13/02/2020	20/02/2020	7	177.79	36970	207.9	<b>87.7</b>	<b>225.0</b>	<b>94.9</b>
	3	237	13/02/2020	20/02/2020	7	178.18	40527	227.4	<b>96.0</b>		
<b>A.V (3.0%)</b>	1	237	16/02/2020	23/02/2020	7	186.81	38920	208.3	<b>87.9</b>		
	2	237	16/02/2020	23/02/2020	7	182.27	37868	207.8	<b>87.7</b>	<b>216.3</b>	<b>91.3</b>
	3	237	16/02/2020	23/02/2020	7	184.53	42948	232.7	<b>98.2</b>		

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas a los 7 días de curado con diseño patrón y con adición de aloe vera.  
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 17**

*Resultados de resistencia a la compresión axial a edad de 14 días de curado.*

Descripción	N° de testigo	Resist. diseño $f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo		Edad (días)	Área de testigo (cm <sup>2</sup> )	Carga sometida (kg.)	Resistencia obtenida			
			Moldeo	Rotura				Resist. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. (%)	Resist. Promed. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. promed. (%)
<b>Patrón</b>	1	237	10/02/2020	24/02/2020	14	176.23	45740	259.5	<b>109.5</b>		
	2	237	10/02/2020	24/02/2020	14	178.33	44975	252.2	<b>106.4</b>	<b>255.9</b>	<b>108.0</b>
	3	237	10/02/2020	24/02/2020	14	177	45358	255.9	<b>108.0</b>		
<b>A.V (1.0%)</b>	1	237	11/02/2020	25/02/2020	14	190.13	49012	257.8	<b>108.8</b>		
	2	237	11/02/2020	25/02/2020	14	178.41	46810	262.4	<b>110.7</b>	<b>258.9</b>	<b>109.2</b>
	3	237	11/02/2020	25/02/2020	14	184.22	47236	256.4	<b>108.2</b>		
<b>A.V (1.5%)</b>	1	237	11/02/2020	25/02/2020	14	184.02	49090	266.8	<b>112.6</b>		
	2	237	11/02/2020	25/02/2020	14	178.69	47135	263.8	<b>111.3</b>	<b>260.6</b>	<b>110.0</b>
	3	237	11/02/2020	25/02/2020	14	181.35	45564	251.3	<b>106.0</b>		
<b>A.V (2.0%)</b>	1	237	13/02/2020	27/02/2020	14	186.34	49640	266.4	<b>112.4</b>		
	2	237	13/02/2020	27/02/2020	14	181.21	46370	255.9	<b>108.0</b>	<b>262.9</b>	<b>110.9</b>
	3	237	13/02/2020	27/02/2020	14	183.77	48936	266.3	<b>112.4</b>		
<b>A.V (2.5%)</b>	1	237	13/02/2020	27/02/2020	14	182.50	49660	272.1	<b>114.8</b>		
	2	237	13/02/2020	27/02/2020	14	179.78	47310	263.2	<b>111.0</b>	<b>267.6</b>	<b>112.9</b>
	3	237	13/02/2020	27/02/2020	14	181.14	48485	267.7	<b>112.9</b>		
<b>A.V (3.0%)</b>	1	237	16/02/2020	01/03/2020	14	181.13	48830	269.6	<b>113.7</b>		
	2	237	16/02/2020	01/03/2020	14	181.60	47970	264.2	<b>111.5</b>	<b>264.4</b>	<b>111.6</b>
	3	237	16/02/2020	01/03/2020	14	177.21	45986	259.5	<b>109.5</b>		

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas a los 14 días de curado con diseño patrón y con adición de aloe vera.  
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 18**

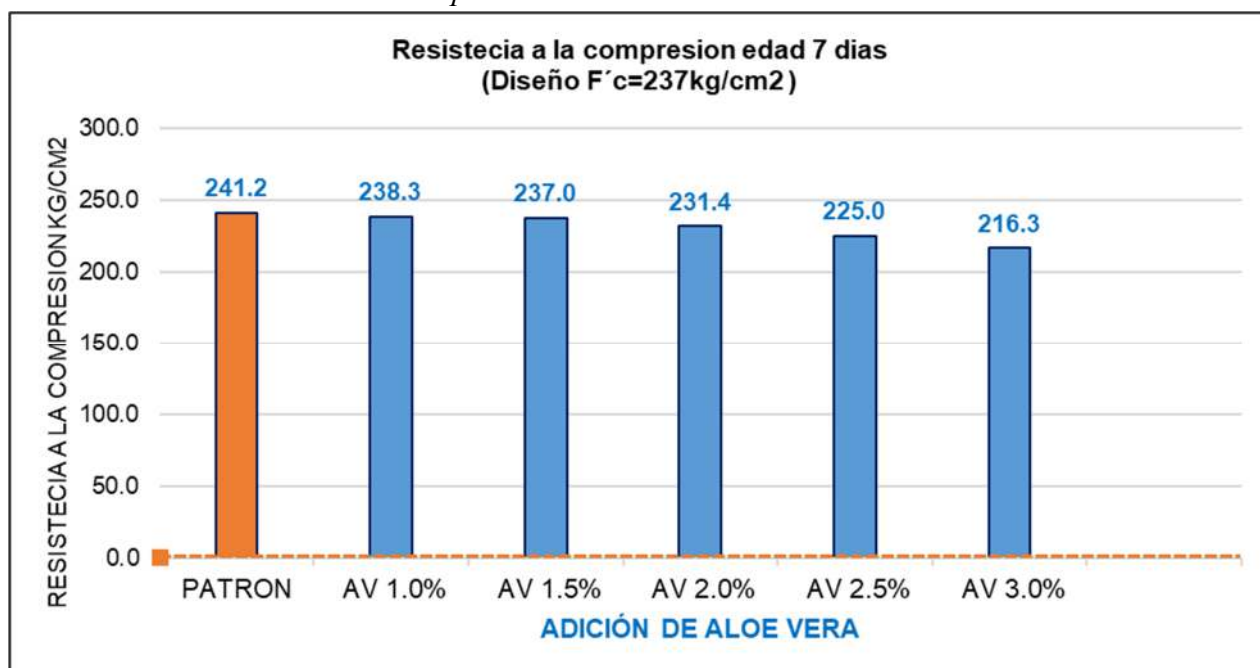
*Resultados de resistencia a la compresión axial a edad de 28 días de curado.*

Descripción	N° De testigo	Resist. diseño $f'_c =$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de ensayo		Edad (días)	Área de testigo (cm <sup>2</sup> )	Carga sometida (kg.)	Resistencia obtenida			
			Moldeo	Rotura				Resist. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. (%)	Resist. Promed. (kg/cm <sup>2</sup> )	Resist. promed. (%)
<b>Patrón</b>	1	237	10/02/2020	09/03/2020	28	174.97	49228.0	281.4	<b>118.7</b>		
	2	237	10/02/2020	09/03/2020	28	177.42	52336.0	295.0	<b>124.5</b>	<b>291.0</b>	<b>122.8</b>
	3	237	10/02/2020	09/03/2020	28	178.20	52848.0	296.6	<b>125.1</b>		
<b>A.V (1.0%)</b>	1	237	11/02/2020	10/03/2020	28	181.05	51870.0	286.5	<b>120.9</b>		
	2	237	11/02/2020	10/03/2020	28	177.19	53986.0	304.7	<b>128.6</b>	<b>294.5</b>	<b>124.3</b>
	3	237	11/02/2020	10/03/2020	28	177.88	51993.0	292.3	<b>123.3</b>		
<b>A.V (1.5%)</b>	1	237	11/02/2020	10/03/2020	28	175.39	55079.0	314.0	<b>132.5</b>		
	2	237	11/02/2020	10/03/2020	28	177.63	55946.0	314.9	<b>132.9</b>	<b>311.4</b>	<b>131.4</b>
	3	237	11/02/2020	10/03/2020	28	178.41	54467.0	305.3	<b>128.8</b>		
<b>A.V (2.0%)</b>	1	237	13/02/2020	12/03/2020	28	179.89	57027.0	317.0	<b>133.8</b>		
	2	237	13/02/2020	12/03/2020	28	180.07	56982.0	316.4	<b>133.5</b>	<b>317.4</b>	<b>133.9</b>
	3	237	13/02/2020	12/03/2020	28	181.38	57834.0	318.9	<b>134.5</b>		
<b>A.V (2.5%)</b>	1	237	13/02/2020	12/03/2020	28	176.21	58960.0	334.6	<b>141.2</b>		
	2	237	13/02/2020	12/03/2020	28	180.71	60035.0	332.2	<b>140.2</b>	<b>333.4</b>	<b>140.7</b>
	3	237	13/02/2020	12/03/2020	28	183.11	61030.0	333.3	<b>140.6</b>		
<b>A.V (3.0%)</b>	1	237	16/02/2020	15/03/2020	28	177.16	58172.0	328.4	<b>138.6</b>		
	2	237	16/02/2020	15/03/2020	28	182.70	59016.0	323.0	<b>136.3</b>	<b>322.5</b>	<b>136.1</b>
	3	237	16/02/2020	15/03/2020	28	177.27	56034.0	316.1	<b>133.4</b>		

Nota. La tabla muestra los resultados de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas a los 28 días de curado con diseño patrón y con adición de aloe vera.  
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 21**

Resultados de resistencia a la compresión axial a una edad de 7 días.

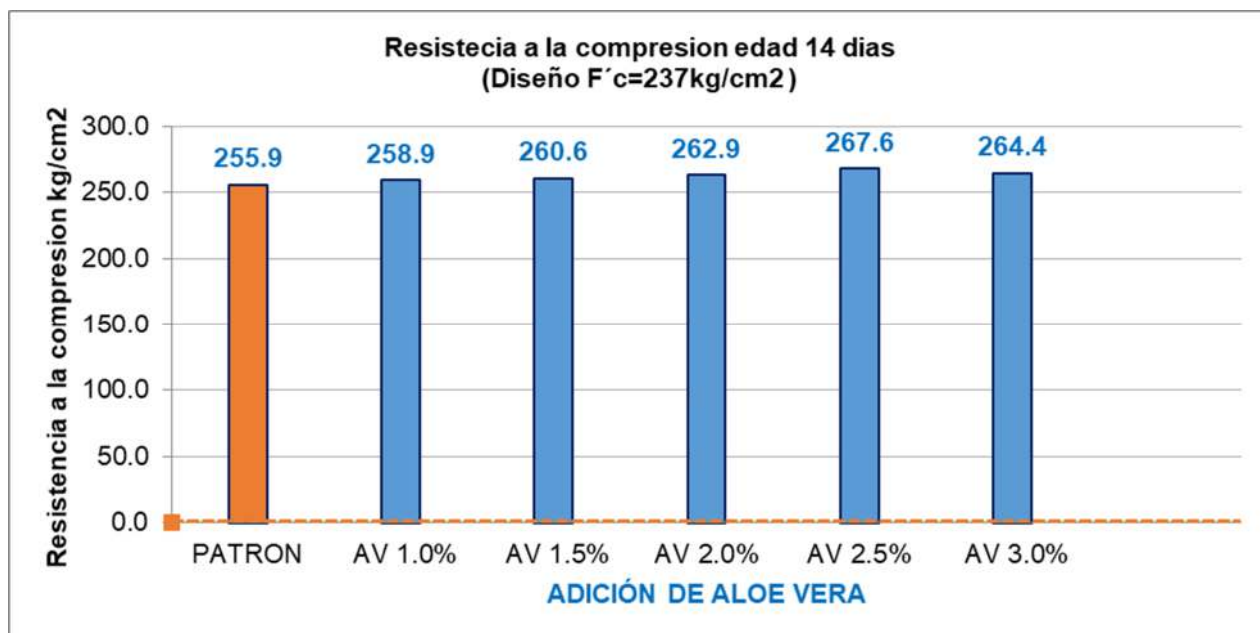


Nota. La figura muestra el diagrama de comparación de resistencia a la compresión a los 7 días de curado en probetas patrón y probetas con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 22**

Resultados de resistencia a la compresión axial a una edad de 14 días.

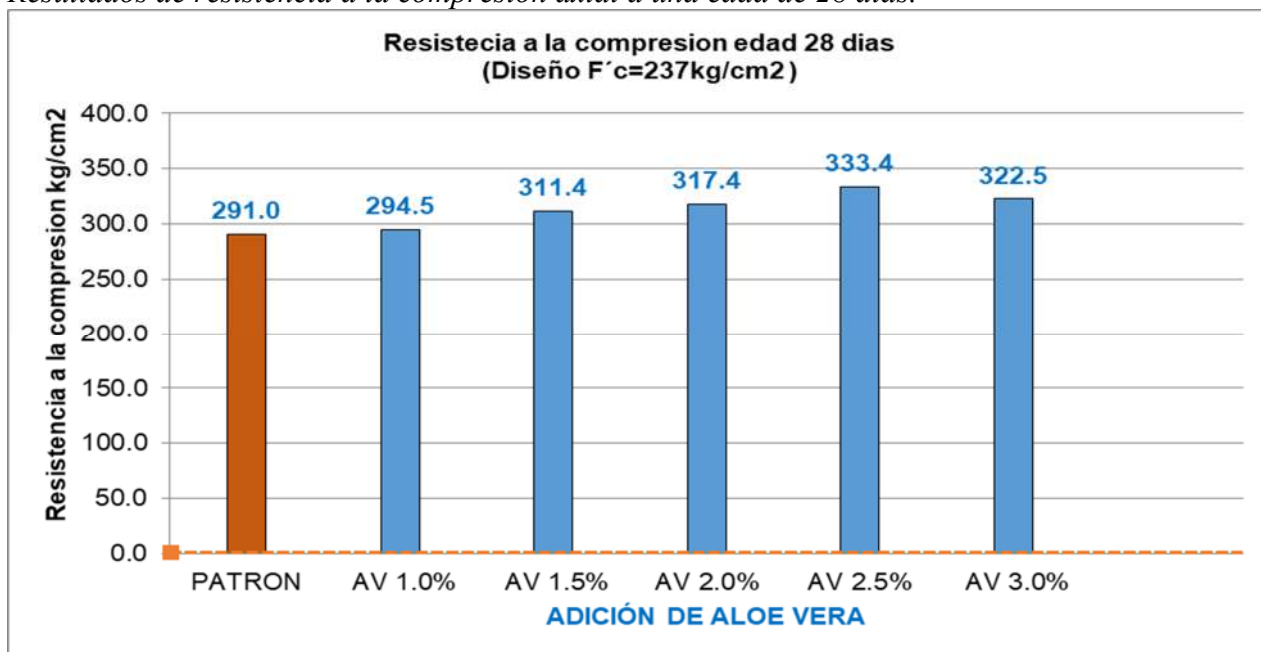


Nota. La figura muestra el diagrama de comparación de resistencia a la compresión a los 14 días de curado en probetas patrón y probetas con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 23**

Resultados de resistencia a la compresión axial a una edad de 28 días.

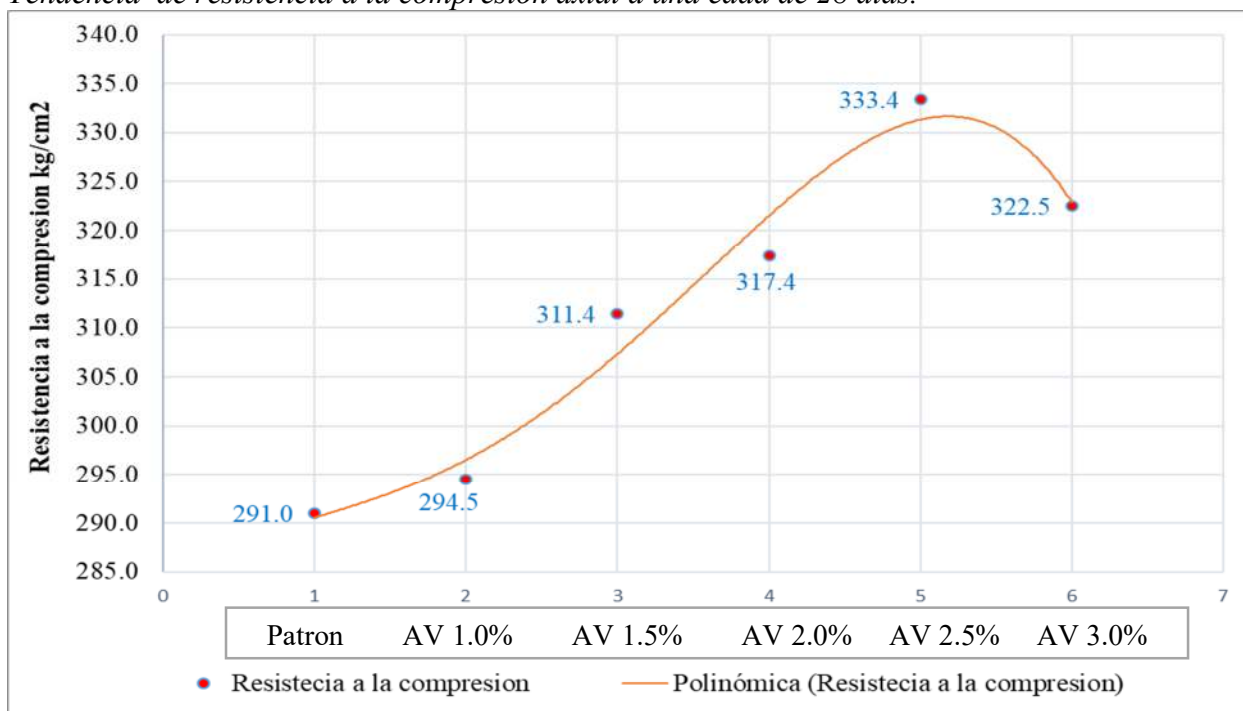


*Nota.* La figura muestra el diagrama de comparación de resistencia a la compresión a los 28 días de curado en probetas patrón y probetas con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 24**

Tendencia de resistencia a la compresión axial a una edad de 28 días.



*Nota.* La figura muestra el diagrama de tendencia de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado en probetas patrón y probetas con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

En las figuras mostradas se puede observar que a mayor adición de aloe vera se incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto con respecto a la muestra patrón, este comportamiento se observa en las 3 edades de rotura (7, 14 y 28 días), sin embargo, la adición óptima de aloe vera es de 2.5% ya que se obtuvo mejores resultados en lo que corresponde a este ensayo, esto indica que a adiciones superiores a 2.5% de aloe vera la resistencia a la compresión del concreto empieza a disminuir con respecto a las diferentes adiciones empleadas, pero con respecto a la muestra patrón sigue siendo aún superior el resultado.

Para un mejor entendimiento de las variaciones de resistencia a la compresión producida en cada adición de aloe vera con respecto a la muestra patrón, se generó un cuadro comparativo y un diagrama, los cuales muestran los porcentajes de variación o incremento que se produce, de acuerdo a cada una de las adiciones de aloe vera empleadas. La tabla 19 y la figura 25, muestran que a mayor adición de aloe vera el porcentaje de variación incrementa, solo hasta llegar a la adición óptima de aloe vera que es de 2.5%, esto quiere decir que a adiciones mayores de 2.5% de aloe vera, el porcentaje de variación empieza a disminuir.

**Tabla 19**

*Variación de resistencia a la compresión de C.P y concreto con A.V.*

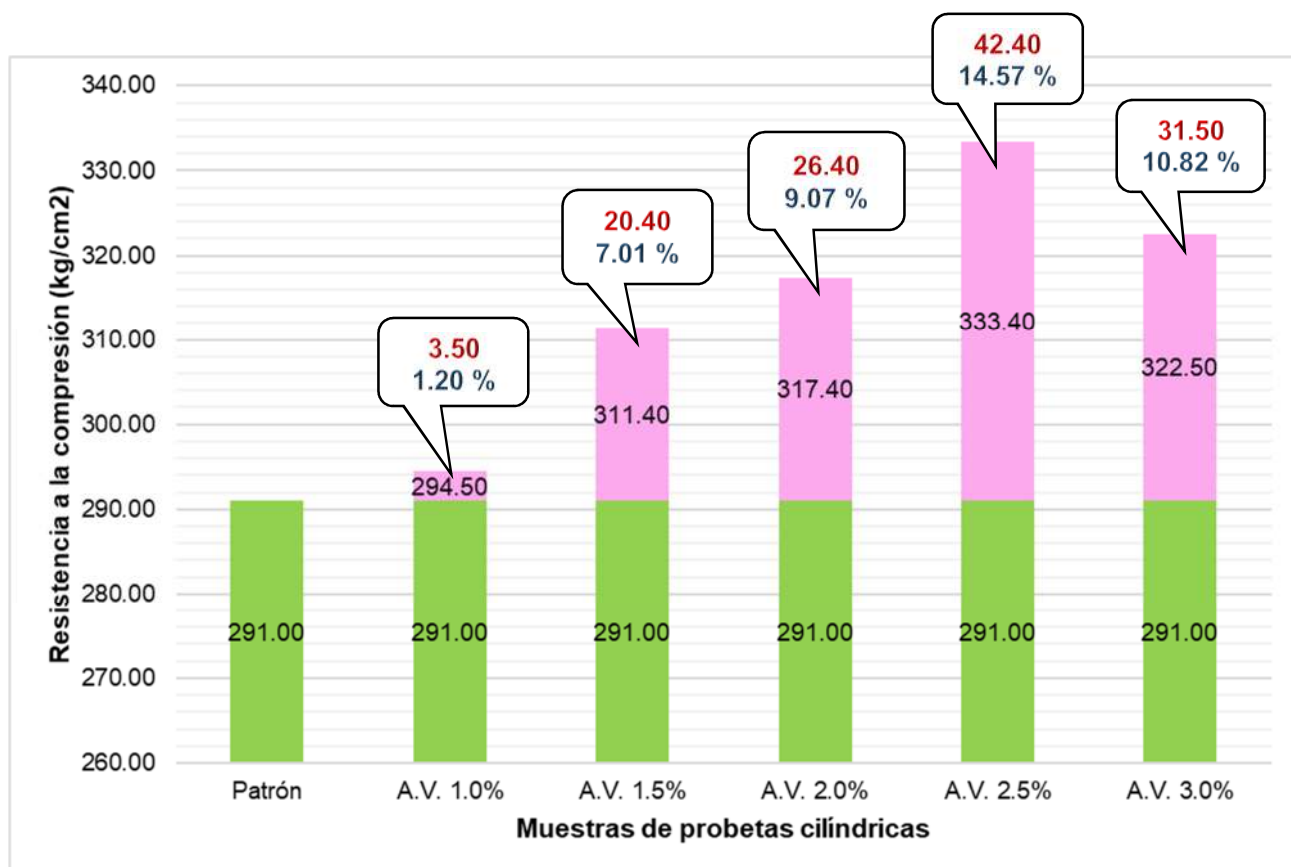
<b>Porcentajes de variación de resistencia a la compresión con respecto al patrón</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Patrón</b>	<b>Adiciones de aloe vera</b>				
		<b>A.V.(1.0%)</b>	<b>A.V (1.5%)</b>	<b>A.V (2.0%)</b>	<b>A.V (2.5%)</b>	<b>A.V (3.0%)</b>
Promedio resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	291.00	294.50	311.40	317.40	333.40	322.50
Incremento de resistencia a compresión con respecto al patrón (kg/cm <sup>2</sup> )	0.00	3.50	20.40	26.40	42.40	31.50
<b>Porcentaje de variación (%)</b>		<b>1.20</b>	<b>7.01</b>	<b>9.07</b>	<b>14.57</b>	<b>10.82</b>

*Nota.* La tabla muestra los porcentajes de variación de resistencia la compresión en concreto patrón y concreto con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 25**

*Variación de resistencia a la compresión de M.P y muestra con A.V*



*Nota.* La figura muestra el diagrama de comparación de los porcentajes de variación de resistencia a la compresión en concreto patrón y concreto con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.7. Resultados del uso de A.V en la consistencia del concreto**

- **Evaluación de la consistencia.**

De manera similar, el ensayo de consistencia se realizó con la mezcla utilizada para fabricar probetas cilíndricas, se utilizó el molde de cono de abrams para la determinación del asentamiento tanto en mezcla patrón y en mezcla adicionando aloe vera. Los resultados obtenidos variaron en base a la adición de aloe vera, lo cual indica que a mayor adición de aloe vera se genera mayor asentamiento.

En la figura mostrada se observa el procedimiento realizado para la obtención del asentamiento de la mezcla.

**Figura 26**

*Determinación del asentamiento de la mezcla de concreto con A.V al 2.5%*



*Nota.* La figura muestra el desarrollo del ensayo de consistencia en mezcla con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los valores promedio de asentamiento obtenidos en muestras patrón y muestran con adición de aloe vera en cada una de sus adiciones se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 20**

*Ensayo de consistencia de mezcla patrón y mezcla con adición de A.V.*

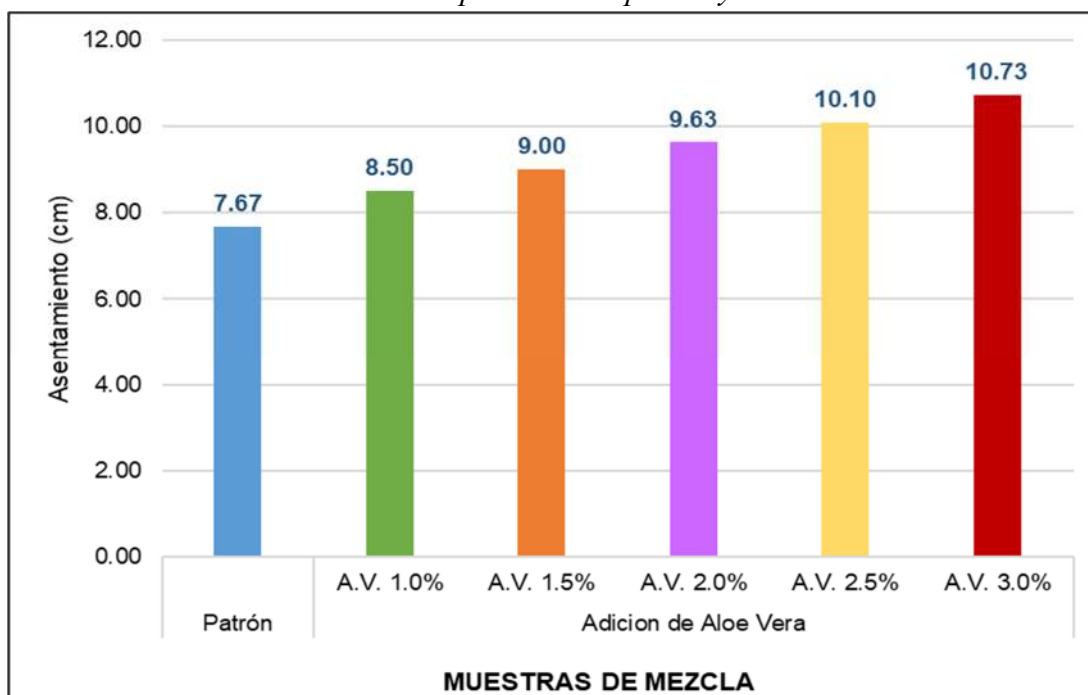
Descripción	Muestra	Patrón	Adición de Aloe Vera				
			A.V (1.0%)	A.V (1.5%)	A.V (2.0%)	A.V (2.5%)	A.V (3.0%)
Asentamiento (cm)	M-1	7.70	8.50	9.10	9.70	10.20	10.80
	M-2	7.60	8.60	8.90	9.60	10.00	10.70
	M-3	7.70	8.40	9.00	9.60	10.10	10.70
<b>Promedio (cm)</b>		<b>7.67</b>	<b>8.50</b>	<b>9.00</b>	<b>9.63</b>	<b>10.10</b>	<b>10.73</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados de la consistencia obtenida en mezcla patrón y mezcla con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 27**

*Determinación del asentamiento para mezcla patrón y mezcla con A.V.*

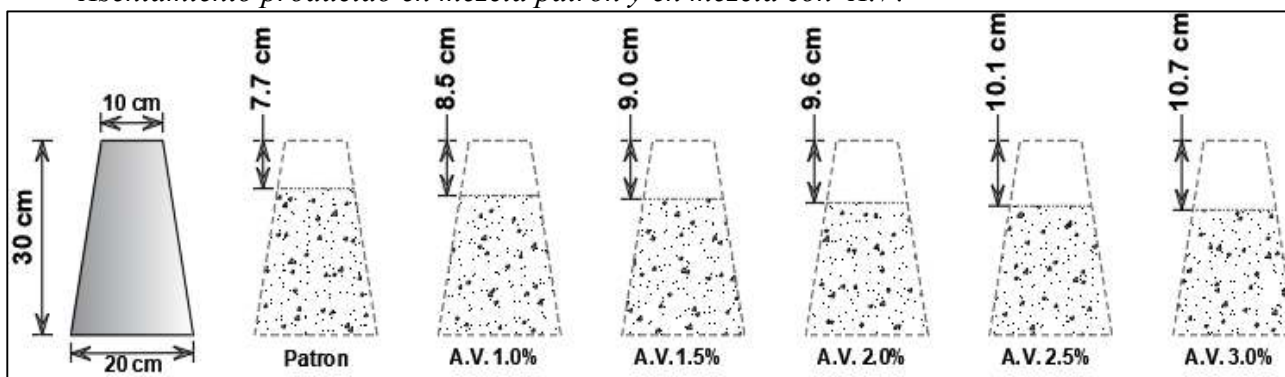


*Nota.* La figura muestra la comparación de la consistencia obtenida en mezcla patrón y mezcla con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 28**

*Asentamiento producido en mezcla patrón y en mezcla con A.V.*



*Nota.* La figura muestra la comparación de los valores de asentamiento producidos en mezcla patrón y mezcla con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

En las figuras mostradas, se puede observar que a mayor porcentaje de adición de aloe vera se incrementa el asentamiento de la mezcla de concreto con respecto a la mezcla patrón,

lo cual indica que se incrementa la fluidez del concreto, ocasionando que la mezcla sea menos consistente.

A partir de este ensayo se puede observar que al adicionar aloe vera se incrementa la cantidad de agua, lo cual genera mayor fluidez en el concreto, como ya se indicó la planta de aloe vera posee en su composición un 99% de agua, motivo por el cual generó el efecto de mayor fluidez en la mezcla de concreto.

Para un mejor entendimiento de las variaciones de asentamiento producidas en cada adición de aloe vera con respecto a la muestra patrón, se generó un cuadro comparativo y un diagrama, los cuales muestran los porcentajes de variación o incremento que se produce, de acuerdo a cada una de las adiciones de aloe vera empleadas. Estas variaciones se dieron de manera ascendente, esto quiere decir que la adición de 1.0 % de aloe vera generó un porcentaje de variación de 10.82 %, a comparación de la última adición de 3.0% de aloe vera que generó una variación de 39.90%, todos con respecto a la muestra patrón. De los resultados obtenidos se deduce que a mayor adición de aloe vera el porcentaje de incremento del asentamiento es mayor, los resultados se muestran en la tabla 21 y en la figura 29.

**Tabla 21**

*Variación del asentamiento de muestra patrón y muestra con A.V.*

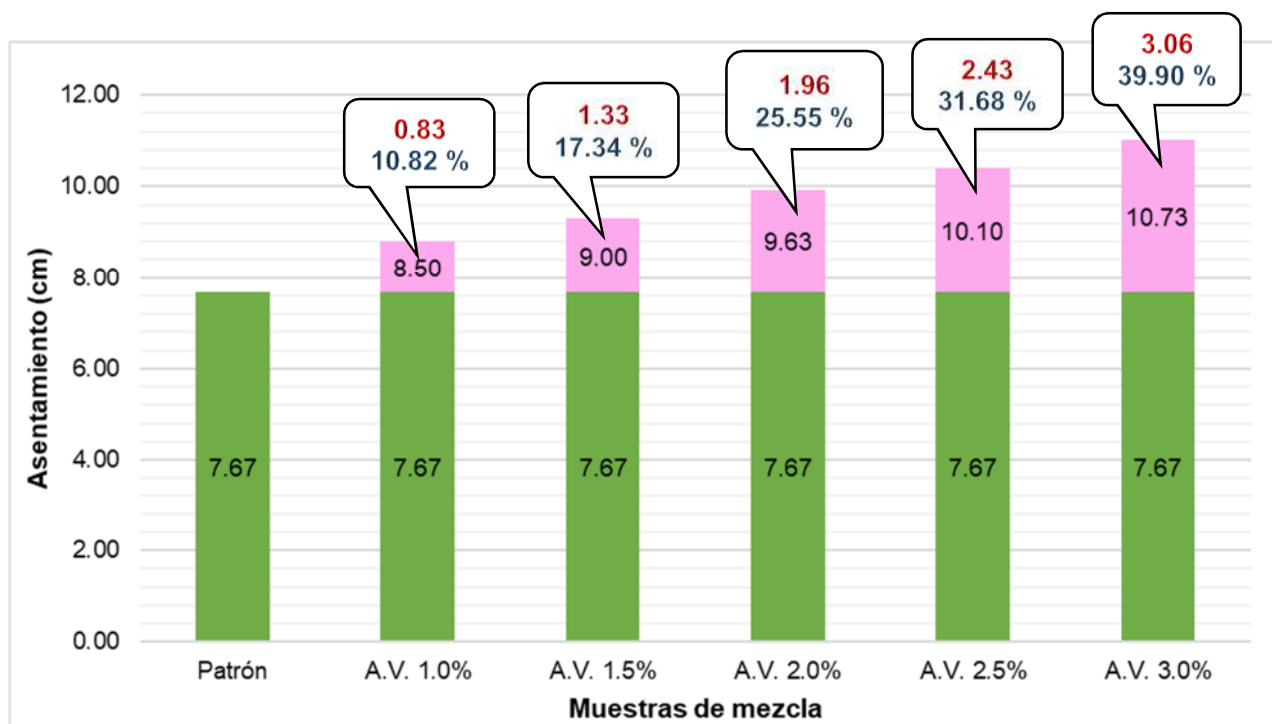
<b>Porcentajes de variación de consistencia con respecto al patrón</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Patrón</b>	<b>Adiciones de aloe vera</b>				
		<b>A.V (1.0%)</b>	<b>A.V (1.5%)</b>	<b>A.V (2.0%)</b>	<b>A.V (2.5%)</b>	<b>A.V (3.0%)</b>
Promedio asentamiento (cm)	7.67	8.50	9.00	9.63	10.10	10.73
Incremento de asentamiento con respecto al patrón (cm)		0.83	1.33	1.96	2.43	3.06
<b>Porcentaje de variación (%)</b>		<b>10.82</b>	<b>17.34</b>	<b>25.55</b>	<b>31.68</b>	<b>39.90</b>

*Nota.* La tabla muestra los porcentajes de variación de consistencia en concreto patrón y concreto con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 29**

*Variación de asentamiento de muestra patrón y muestra con A.V.*



*Nota.* La figura muestra el diagrama de comparación de los porcentajes de variación de consistencia en concreto patrón y concreto con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.8. Resultados del uso de aloe vera en el tiempo de fraguado del concreto**

- **Evaluación del tiempo de fraguado.**

El ensayo de tiempo de fraguado se realizó tanto en muestras patrón y en muestras con adición de aloe vera en cada una de las 5 adiciones empleadas en el estudio (1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0%). Para el desarrollo de este ensayo se utilizó el instrumento denominado aguja de vicat, el cual consiste en penetrar la aguja de vicat en la pasta de cemento contenida en el molde cilíndrico, el proceso consiste en medir el tiempo de fraguado inicial y final.

Las muestras de ensayo fueron elaboradas con pasta de cemento con consistencia normal utilizando las cantidades de materiales calculadas en la tabla 15, una vez que se obtuvo la consistencia normal se empleó las mismas cantidades de materiales para elaborar una nueva pasta para luego proceder al desarrollo del ensayo respectivo.

Una vez colocada la pasta en el molde cilíndrico y enrasada tanto en su extremo superior e inferior, se coloca en el aparato de la aguja de vicat y se espera 30 minutos para hacer descender la aguja hasta que haga contacto con la superficie de la pasta de cemento y penetre durante 30 segundos, luego se procede a hacer la lectura para determinar la penetración inicial. La penetración debe repetirse cada 15 min hasta que se obtenga una penetración de 25 mm para determinar el tiempo de fraguado inicial y cuando se tenga una penetración de 2mm se procede a voltear el molde y seguir controlando la penetración por cada 15 minutos hasta que este ya no deje huella en la muestra y así determinar el tiempo de fraguado final.

En la figura mostrada a continuación, se puede observar el ensayo de tiempo de fraguado realizado empleando la aguja de vicat, se observa el tiempo de fraguado final de la muestra.

### **Figura 30**

*Ensayo de tiempo de fraguado con la aguja de vicat.*



*Nota.* La figura muestra el ensayo de tiempo de fraguado en el momento del fraguado inicial.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de cada penetración obtenida, para cada muestra realizada se muestran en las siguientes tablas.

**Tabla 22**  
*Ensayo N° 1 de tiempo de fraguado.*

N° de penetración	Profundidad de la penetración (mm)						tiempo (minutos)
	patrón	A.V (1.0%)	A.V (1.5%)	A.V (2.0%)	A.V (2.5%)	A.V (3.0%)	
P-1	40	40	40	40	40	40	30
P-2	40	40	40	40	40	40	45
P-3	40	40	40	40	40	40	60
P-4	40	40	40	40	40	40	75
P-5	40	40	40	40	40	40	90
P-6	40	40	40	40	40	40	105
P-7	40	40	40	40	40	40	120
P-8	39	40	40	40	40	40	135
P-9	31	40	40	40	40	40	150
P-10	23	40	40	40	40	40	165
P-11	11	38	40	40	40	40	180
P-12	6	35	37	40	40	40	195
P-13	2	27	33	40	40	40	210
P-14	1	23	28	39	40	40	225
P-15	0.5	16	25	33	40	40	240
P-16	huella	8	19	30	40	40	255
P-17	huella	5	12	28	38	40	270
P-18	huella	2	7	23	35	37	285
P-19	huella	1.2	4	18	31	33	300
P-20	huella	0.9	2	14	29	30	315
P-21	huella	0.4	1.2	5	24	26	330
P-22	huella	huella	1	2	17	18	345
P-23	0	huella	0.7	1.3	10	13	360
P-24	-	huella	0.5	0.9	4	7	375
P-25	-	huella	huella	0.5	2	5	390
P-26	-	huella	huella	huella	1.4	4	405
P-27	-	huella	huella	huella	0.8	3	420
P-28	-	huella	huella	huella	0.4	2	435
P-29	-	huella	huella	huella	huella	1.7	450
P-30	-	huella	huella	huella	huella	1	465
P-31	-	huella	huella	huella	huella	0.7	480

P-32	-	0	huella	huella	huella	huella	495
P-33	-	-	huella	huella	huella	huella	510
P-34	-	-	0	huella	huella	huella	525
P-35	-	-	-	huella	huella	huella	540
P-36	-	-	-	huella	huella	huella	555
P-37	-	-	-	0	huella	huella	570
P-38	-	-	-	-	huella	huella	585
P-39	-	-	-	-	huella	huella	600
P-40	-	-	-	-	0	huella	615
P-41	-	-	-	-	-	huella	630
P-42	-	-	-	-	-	huella	645
P-43	-	-	-	-	-	huella	660
P-44	-	-	-	-	-	huella	675
P-45	-	-	-	-	-	0	690
P-46	-	-	-	-	-	-	705

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de tiempo de fraguado para las muestras N° 1, en muestra patrón y muestra con adición de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 23**

*Interpolación del ensayo N° 1 de tiempo de fraguado.*

Descripción	Interpolación penetración de 25		Tiempo de fraguado inicial (X) minutos	Tiempo de fraguado final (Y) minutos
	mm. Para X min	penetración (mm.) tiempo (min.)		
Patrón	31	150	X = 161	Y = 360
	25	(X)		
	23	165		
A.V (1.0 %)	27	210	X = 218	Y = 495
	25	(X)		
	23	225		
A.V (1.5 %)	28	225	X = 240	Y = 525
	25	(X)		
	25	240		
A.V (2.0 %)	28	270	X = 279	Y = 570
	25	(X)		
	23	285		
A.V (2.5 %)	29	315	X = 327	Y = 615
	25	(X)		
	24	330		
A.V (3.0 %)	26	330	X = 332	Y = 690
	25	(X)		
	18	345		

*Nota.* La tabla muestra los resultados de interpolación del ensayo de tiempo de fraguado para las muestras N° 1, en muestra patrón y muestra con A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 24***Ensayo N° 2 de tiempo de fraguado.*

N° de penetración	Profundidad de la penetración (mm.)						tiempo (minutos)
	patrón	A.V (1.0%)	A.V (1.5%)	A.V (2.0%)	A.V (2.5%)	A.V (3.0%)	
P-1	40	40	40	40	40	40	30
P-2	40	40	40	40	40	40	45
P-3	40	40	40	40	40	40	60
P-4	40	40	40	40	40	40	75
P-5	40	40	40	40	40	40	90
P-6	40	40	40	40	40	40	105
P-7	37	40	40	40	40	40	120
P-8	33	40	40	40	40	40	135
P-9	24	40	40	40	40	40	150
P-10	16	40	40	40	40	40	165
P-11	7	38	40	40	40	40	180
P-12	3	31	37	40	40	40	195
P-13	1	26	32	40	40	40	210
P-14	huella	21	27	38	40	40	225
P-15	huella	15	24	34	40	40	240
P-16	huella	6	19	32	40	40	255
P-17	huella	4	12	26	39	40	270
P-18	huella	1.8	7	23	36	37	285
P-19	huella	1	4	16	31	33	300
P-20	huella	0.8	2	13	27	30	315
P-21	huella	0.4	1.2	7	22	27	330
P-22	huella	huella	1	1.5	19	24	345
P-23	0	huella	0.7	1	13	20	360
P-24	-	huella	0.5	0.7	6	15	375
P-25	-	huella	huella	0.5	3	9	390
P-26	-	huella	huella	huella	2	6	405
P-27	-	huella	huella	huella	1.2	4	420
P-28	-	huella	huella	huella	0.5	1.5	435
P-29	-	huella	huella	huella	huella	1	450
P-30	-	huella	huella	huella	huella	0.6	465
P-31	-	huella	huella	huella	huella	0.5	480
P-32	-	0	huella	huella	huella	huella	495
P-33	-	-	huella	huella	huella	huella	510
P-34	-	-	0	huella	huella	huella	525

P-35	-	-	-	huella	huella	huella	540
P-36	-	-	-	huella	huella	huella	555
P-37	-	-	-	0	huella	huella	570
P-38	-	-	-	-	huella	huella	585
P-39	-	-	-	-	huella	huella	600
P-40	-	-	-	-	0	huella	615
P-41	-	-	-	-	-	huella	630
P-42	-	-	-	-	-	huella	645
P-43	-	-	-	-	-	huella	660
P-44	-	-	-	-	-	huella	675
P-45	-	-	-	-	-	0	690
P-46	-	-	-	-	-	-	705

*Nota.* La tabla muestra los resultados del ensayo de tiempo de fraguado para las muestras N° 2 en muestra patrón y muestra con adición de A.V.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25**

*Interpolación del ensayo N° 2 de tiempo de fraguado.*

Descripción	Interpolación de penetración de 25 mm. Para X min.		Tiempo de fraguado inicial (X) minutos			Tiempo de fraguado final (Y) minutos		
	penetración	tiempo						
Patrón	33	135	X	=	148	Y	=	355
	25	(X)						
	24	150						
A.V (1.0 %)	26	210	X	=	213	Y	=	490
	25	(X)						
	21	225						
A.V (1.5 %)	27	225	X	=	235	Y	=	520
	25	(X)						
	24	240						
A.V (2.0 %)	26	270	X	=	275	Y	=	575
	25	(X)						
	23	285						
A.V (2.5 %)	27	315	X	=	321	Y	=	620
	25	(X)						
	22	330						
A.V (3.0 %)	27	330	X	=	340	Y	=	685
	25	(X)						
	24	345						

*Nota.* La tabla muestra los resultados de interpolación del ensayo de tiempo de fraguado para las muestras N°2 en muestra patrón y muestra con adición de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 26***Ensayo N° 3 de tiempo de fraguado.*

N° de penetración	Profundidad de la penetración (mm.)						tiempo (minutos)
	patrón	A.V (1.0%)	A.V (1.5%)	A.V (2.0%)	A.V (2.5%)	A.V (3.0%)	
P-1	40	40	40	40	40	40	30
P-2	40	40	40	40	40	40	45
P-3	40	40	40	40	40	40	60
P-4	40	40	40	40	40	40	75
P-5	40	40	40	40	40	40	90
P-6	40	40	40	40	40	40	105
P-7	40	40	40	40	40	40	120
P-8	36	40	40	40	40	40	135
P-9	28	40	40	40	40	40	150
P-10	19	40	40	40	40	40	165
P-11	14	37	40	40	40	40	180
P-12	8	32	39	40	40	40	195
P-13	5	29	35	40	40	40	210
P-14	1.5	24	30	38	40	40	225
P-15	0.5	18	24	35	40	40	240
P-16	huella	11	17	33	39	40	255
P-17	huella	7	13	30	36	39	270
P-18	huella	4	6	23	34	35	285
P-19	huella	2	3	29	30	32	300
P-20	huella	1	2	16	28	29	315
P-21	huella	0.4	1.5	9	25	26	330
P-22	huella	huella	0.8	3	20	23	345
P-23	0	huella	0.5	2	13	17	360
P-24	-	huella	huella	1.2	8	12	375
P-25	-	huella	huella	0.7	5	9	390
P-26	-	huella	huella	huella	3	6	405
P-27	-	huella	huella	huella	1	3	420
P-28	-	huella	huella	huella	0.5	2	435
P-29	-	huella	huella	huella	huella	1.2	450
P-30	-	huella	huella	huella	huella	0.5	465
P-31	-	huella	huella	huella	huella	huella	480
P-32	-	0	huella	huella	huella	huella	495
P-33	-	-	huella	huella	huella	huella	510
P-34	-	-	0	huella	huella	huella	525
P-35	-	-	-	huella	huella	huella	540

P-36	-	-	-	huella	huella	huella	555
P-37	-	-	-	0	huella	huella	570
P-38	-	-	-	-	huella	huella	585
P-39	-	-	-	-	huella	huella	600
P-40	-	-	-	-	0	huella	615
P-41	-	-	-	-	-	huella	630
P-42	-	-	-	-	-	huella	645
P-43	-	-	-	-	-	huella	660
P-44	-	-	-	-	-	huella	675
P-45	-	-	-	-	-	huella	690
P-46	-	-	-	-	-	0	705

*Nota.* La tabla indica los resultados del ensayo de tiempo de fraguado para las muestras N° 3 en muestra patrón y muestra con adición de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 27**

*Interpolación del ensayo N° 3 de tiempo de fraguado.*

Descripción	Interpolación de penetración de 25 mm. Para X min.		Tiempo de fraguado inicial (X) minutos			Tiempo de fraguado final (Y) minutos		
	penetración	tiempo						
Patrón	28	150						
	25	(X)	X	=	155	Y	=	360
	19	165						
A.V (1.0 %)	29	210						
	25	(X)	X	=	222	Y	=	500
	24	225						
A.V (1.5 %)	30	225						
	25	(X)	X	=	238	Y	=	530
	24	240						
A.V (2.0 %)	30	270						
	25	(X)	X	=	281	Y	=	570
	23	285						
A.V (2.5 %)	28	315						
	25	(X)	X	=	330	Y	=	610
	25	330						
A.V (3.0 %)	26	330						
	25	(X)	X	=	335	Y	=	705
	23	345						

*Nota.* La tabla indica los resultados de interpolación del ensayo de tiempo de fraguado para las muestras N°3, en muestra patrón y muestra con adición de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 28**

*Tiempo de fraguado promedio de muestra patrón y muestra con A.V.*

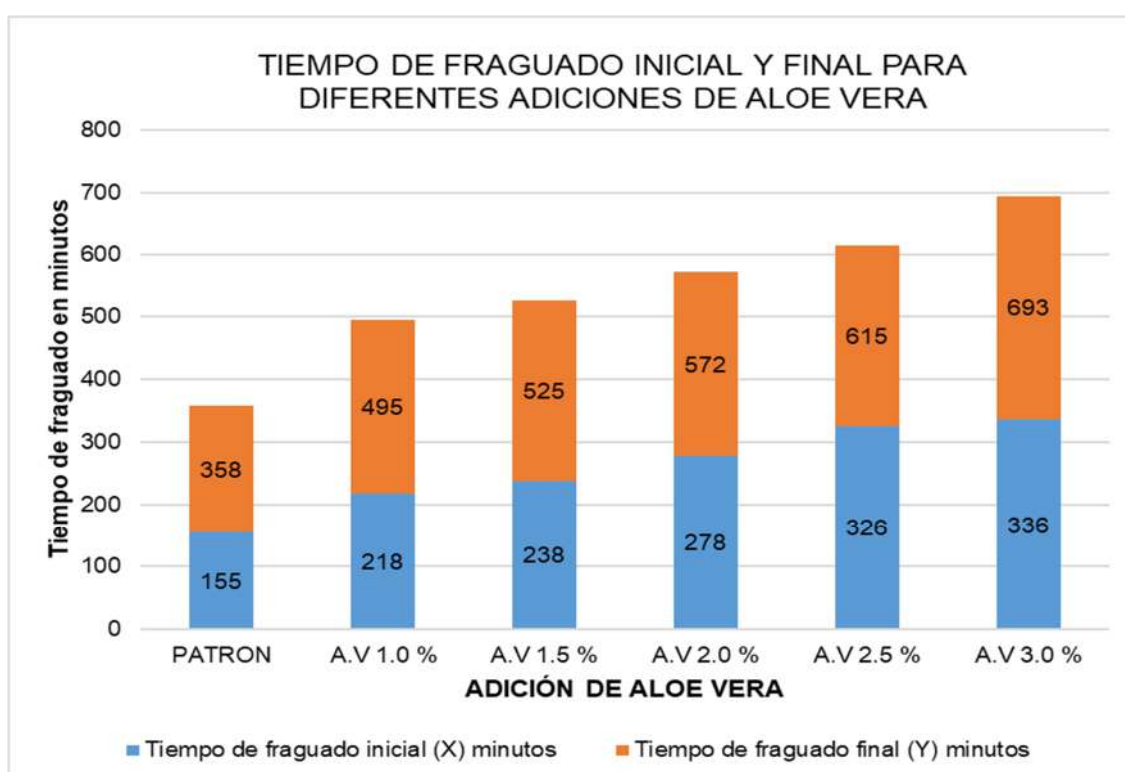
Descripción	Tiempo de fraguado inicial (X) (minutos)			Tiempo de fraguado final (Y) (minutos)		
Patrón	X	=	155	Y	=	358
A.V (1.0%)	X	=	218	Y	=	495
A.V (1.5%)	X	=	238	Y	=	525
A.V (2.0%)	X	=	278	Y	=	572
A.V (2.5%)	X	=	326	Y	=	615
A.V (3.0%)	X	=	336	Y	=	693

*Nota.* La tabla indica los resultados promedio de tiempo de inicial y final para muestras patrón y muestras con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 31**

*Determinación del tiempo de fraguado en M.P y muestra con A.V.*



*Nota.* La figura muestra los resultados promedio de tiempo de inicial y final para muestras patrón y muestras con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

En la figura mostrada se observa que a mayor adición de aloe vera se incrementan los tiempos de fraguado inicial y final en la pasta de cemento, deduciendo que el aloe vera actúa como un retardador en el tiempo de fraguado.

Para un mejor entendimiento de las variaciones de tiempo de fraguado final producidas en cada adición de aloe vera con respecto a la muestra patrón, se generó un cuadro comparativo y un diagrama, los cuales muestran los porcentajes de variación o incremento que se produce, de acuerdo a cada una de las adiciones de aloe vera empleadas. Estas variaciones se dieron de manera ascendente, esto quiere decir que la adición de 1.0 % de aloe vera generó un porcentaje de variación de 38.27 %, a comparación de la última adición de 3.0% de aloe vera que generó una variación de 93.58%. De los resultados obtenidos se deduce que a mayor adición de aloe vera el porcentaje de incremento del tiempo de fraguado final es mayor, los resultados se muestran en la tabla 29 y en la figura 32.

**Tabla 29**

*Variación del tiempo de fraguado de muestra patrón y muestra con A.V*

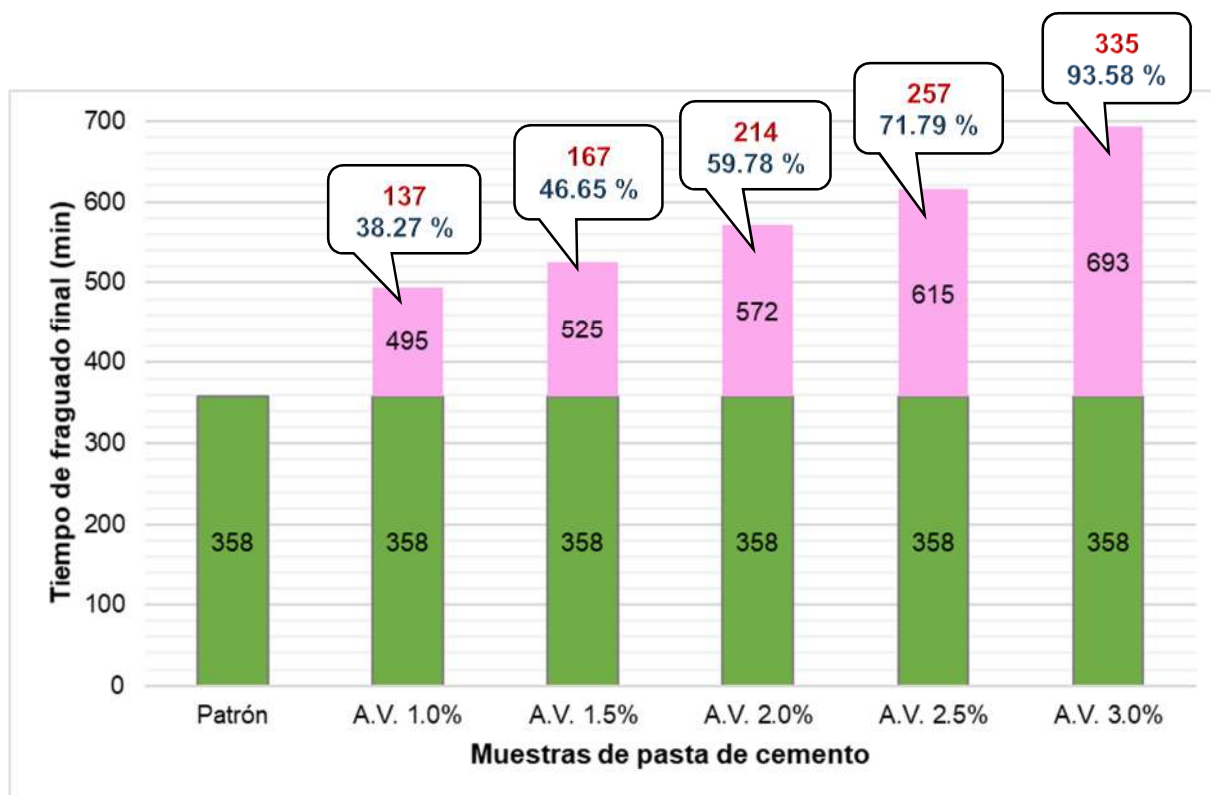
<b>Porcentajes de variación de tiempo de fraguado con respecto al patrón</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Adiciones de aloe vera</b>					
	<b>Patrón</b>	<b>A.V (1.0%)</b>	<b>A.V (1.5%)</b>	<b>A.V (2.0%)</b>	<b>A.V (2.5%)</b>	<b>A.V (3.0%)</b>
Promedio tiempo de fraguado final (minutos)	358	495	525	572	615	693
Incremento de tiempo de fraguado final con respecto al patrón (min)	0	137	167	214	257	335
<b>Porcentaje de variación (%)</b>		<b>38.27</b>	<b>46.65</b>	<b>59.78</b>	<b>71.79</b>	<b>93.58</b>

*Nota.* La tabla muestra los porcentajes de variación de tiempo de fraguado en muestra patrón y muestra con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 32**

*Variación de tiempo de fraguado final de muestra patrón y muestra con A.V*



*Nota.* La figura muestra el diagrama de comparación de los porcentajes de variación de tiempo de fraguado en muestra patrón y muestra con adición de aloe vera.

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Discusión de resultados

Con los resultados obtenidos de la caracterización de agregados en la ciudad de Abancay, los cuales fueron empleados en la elaboración de concreto patrón se obtuvo una resistencia promedio de 291.00 kg/cm<sup>2</sup>.

Las adiciones de aloe vera empleadas en la investigación fueron: 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0% , obteniéndose resistencias a la compresión axial del concreto cuyos valores son: 294.5 kg/cm<sup>2</sup> , 311.40 kg/cm<sup>2</sup>, 317.40 kg/cm<sup>2</sup>, 333.40 kg/cm<sup>2</sup>, 322.50kg/cm<sup>2</sup> respectivamente para cada adición, generando incrementos de resistencia a la compresión en porcentajes de 1.20%, 7.01%, 9.07%, 14.57% y 10.82% en comparación a la muestra patrón. Cabe mencionar que la adición del 3.0% de aloe vera, presentó una disminución en la

resistencia a la compresión axial del concreto respecto a la adición del 2.5% de aloe vera, el valor correspondiente para la adición de 2.5% es: 333.40 kg/cm<sup>2</sup> y para la adición de 3.0% es 322.50 kg/cm<sup>2</sup>, esto indica que para adiciones superiores a 2.5%, la resistencia a la compresión del concreto empieza a disminuir; las adiciones mayores al 2.5% de aloe vera en la mezcla del concreto no serían recomendables si el objetivo es obtener mayor resistencia en el concreto. En su investigación el autor Aburto (2017), “Influencia del aloe vera sobre la resistencia a la compresión, infiltración, absorción capilar, tiempo de fraguado y asentamiento en el concreto estructural”, determina que la óptima adición de aloe vera es del 2.0% que alcanza una resistencia a la compresión axial de 355.00 kg/cm<sup>2</sup>, el autor de dicha investigación usó las adiciones de aloe vera en porcentajes de 1.0%, 2.0%, 3.0%, 4.0%, 5.0% y 6.0%, así mismo las autoras Cárdenas y Jesús (2019), en su trabajo de investigación intitulado, “Diseño de concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando gel de aloe vera para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto 2019”, afirma que la óptima adición de aloe vera es del 2.0% que alcanza una resistencia a la compresión axial de 265.30 kg/cm<sup>2</sup>, las autoras de dicha investigación usaron las adiciones de aloe vera en porcentajes de 1.0%, 2.0%, 4.0% y 6.0%.

En cuanto a los ensayos realizados del tiempo de fraguado inicial y final, obtenidos de los resultados del ensayo en la muestra patrón de pasta de cemento, que se aprecia en las tablas número 23, 25 y 27 de las cuales se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 155 minutos y para el tiempo de fraguado final de 358 minutos, según la norma ASTM C595 indica que el tiempo de fraguado inicial mínimo debe ser 45 minutos y el tiempo de fraguado final 375 minutos, esto para un cemento de tipo I, ya que fue la que se usó en la investigación, por lo tanto nuestra muestra se encuentra dentro de lo establecido según la ASTM C595. Con las adiciones de aloe vera en porcentajes de 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0% se obtuvo tiempos de fraguado inicial de 218 min., 238 min., 278 min., 326 min. y 336 min., respectivamente, así mismo para el tiempo de fraguado final se obtuvo valores de 495 min., 525 min., 572 min.,

615 min. y 693 min., respectivamente. Estos incrementos de asentamiento se produjeron de manera ascendente, los cuales expresados en porcentajes corresponden a incrementos de 38.27%, 46.65%, 59.78%, 71.79% y 93.58% respectivamente, todos en relación a la muestra patrón. Se observa que la última adición empleada tuvo un incremento del 93.58% del tiempo de fraguado final, es decir que los resultados de tiempo de fraguado final se duplicaron para esa adición de aloe vera. Finalmente, se deduce que el extracto de aloe vera actúa como un retardante de fraguado. El autor Aburto (2017), en su investigación ya antes mencionada, determina que la adición del aloe vera es directamente proporcional al tiempo de fraguado, lo cual, valida a los datos obtenidos en esta investigación, está confirmado que la adición de aloe vera guarda una relación directamente proporcional al tiempo de fraguado final e inicial y los resultados indican que a mayor adición de aloe vera se incrementa el tiempo de fraguado inicial así mismo sucede con el tiempo de fraguado final.

El incremento del tiempo de fraguado, se evidenció en la elaboración de probetas cilíndricas, ya que estas fueron desmoldados a los 3 días para las adiciones mayores al 2.0% lo cual conllevaría a un mayor tiempo de desencofrado en obra, esto sería perjudicial para algunas actividades que se encuentran dentro de la ruta crítica que depende de dichas partidas, con lo cual la obra quedaría retrasada.

Para efectuar el ensayo de consistencia se preparó una mezcla de concreto uniforme, según Abanto Castillo (2017), “ el mezclado debe efectuarse por lo menos durante 90 segundos después de que todos los materiales estén dentro del tambor, a menos que se demuestre que un tiempo menor es satisfactorio mediante ensayos de uniformidad de mezclado”, según la ASTM C 94M. durante el proceso de mezclado al adicionar aloe vera en la mezcla del concreto se observó que hasta los 90 segundos la mezcla se mantuvo consistente, pasado este tiempo la mezcla presentó más fluidez, este comportamiento dio lugar a recurrir a bibliografías para poder explicar el comportamiento de este acontecimiento, Domínguez et

al., (2012) muestra gráficamente por donde es conducido la aloína y una microscopia del gel, por lo tanto al haberse licuado el exocarpio con una capa delgada del gel estas estaban conformados por el tejido parenquimático perteneciente al gel y clorofila perteneciente al exocarpio dentro de ello incluía las células de los conductos de aloína que se encuentran entre el exocarpio y el gel, estas sustancias al ser licuados presentan un comportamiento pegajoso, por lo tanto en los primeros minutos de mezclado este componente unifico más a los elementos de la pasta aumentando su consistencia, pero pasado dicho tiempo de mezclado, la mezcla de concreto presenta más fluidez, esto gracias al proceso de liberación de sustancia líquida aportada por el licuado del exocarpio con una pequeña capa del gel de aloe vera como se presentó en las figuras número 12 y 13.

La consistencia del concreto obtenida en la mezcla patrón fue de 7.67 cm, según ACI 211, establece para estructuras del tipo como vigas, columnas, zapatas, cimentaciones y concreto ciclópeo un máximo de asentamiento que deberá ser de 3" a 4" y como mínimo 1", así mismo para losas y vigas un mínimo asentamiento de 1" y como máximo de 3" a 4", por lo tanto, la muestra patrón cumple con las exigencias mencionadas por la norma ACI 211. Las adiciones de aloe vera empleadas en la investigación incrementaron el asentamiento de la mezcla del concreto, dichos valores se presentan a continuación para las adiciones del 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0% produjeron asentamientos de 8.50 cm, 9.00 cm, 9.63 cm, 10.10 cm y 10.73 cm respectivamente, los resultados obtenidos muestran que a mayor adición de aloe vera se incrementa el asentamiento en la mezcla de concreto, generando en cada adición mayor fluidez en la mezcla de concreto, esto indica que guarda una relación, directamente proporcional la adición de aloe vera sobre la fluidez del concreto, cabe recalcar según ACI 211, establece para estructuras del tipo como vigas, columnas, zapatas, cimentaciones y concreto ciclópeo un máximo de asentamiento que deberá ser de 3" a 4" y como mínimo 1", así mismo para losas y vigas un mínimo asentamiento de 1" y como máximo de 3" a 4" esto

indica que el uso de aloe vera como aditivo natural en la mezcla del concreto cumple con los requisitos que determina la norma ACI 211, hasta la adición del 2.5% que presenta un asentamiento de 10.10 cm, que se encuentra dentro de 3” a 4” pulgadas dejando descartado a la adición del 3.0%, cabe mencionar que esta adición también presenta una ligera disminución con respecto a su resistencia a la compresión axial del concreto en relación a la adición del 2.5%.

Finalmente, con esta evaluación que se le hizo al concreto en su estado fresco, determinamos que la óptima adición de aloe vera en la mezcla del concreto pertenece a una adición del 2.5%, que presenta una resistencia a la compresión de 333.40 kg/cm<sup>2</sup> y un asentamiento de 4” pulgadas, mientras que el concreto patrón presenta una resistencia a la compresión de 291.00 kg/cm<sup>2</sup> y un asentamiento de 3.” Por lo tanto, con la adición de 2.5% de aloe vera en la mezcla del concreto, se puede generar beneficios al momento de emplear este tipo de concreto, ya que es más fluido, mejorando su trabajabilidad y su respectivo colocado en la construcción de obras.

### **4.3. Prueba de hipótesis**

Como ya se mencionó en el procedimiento estadístico, se probaron un total de 15 hipótesis, de la investigación se tiene 3 hipótesis específicas, una para cada ensayo, cada hipótesis específica fue probada, pero a su vez se aplicaron 5 adiciones de aloe vera en cada uno de los ensayos elaborados, por lo tanto, no resulta conveniente generar una sola conclusión de las 5 adiciones, ya que el concreto se comportó de diferente manera en cada adición de aloe vera, lo cual hizo variar los resultados, principalmente tuvo una tendencia de crecimiento, luego de decrecimiento, es por ello que se optó por probar las hipótesis por adiciones diferentes.

- **Cálculo de la región crítica**

La región crítica se calculó con el  $t_t$  utilizando la siguiente fórmula:

$$t_t \left( \frac{\alpha}{(n_1 + n_2 - 2)gl} \right)$$

Donde:

$t_t$  = “t” tabulado.

$gl$  = grados de libertad.

$n_1$ : muestra 1 (con aloe vera)

$n_2$ : muestra 2 (sin aloe vera)

$\alpha = 0.025$

Reemplazando datos en la fórmula anterior, para  $n_1=3$  y  $n_2 = 3$ ,  $\alpha = 0.025$ , se tiene:

$$t_t \left( \frac{\alpha}{(n_1 + n_2 - 2)gl} \right) = t_t \left( \frac{0.025}{(3 + 3 - 2)gl} \right) = t_t \left( \frac{0.025}{(4)gl} \right)$$

Con los datos obtenidos al reemplazar la fórmula anterior, se procedió a buscar el valor correspondiente en la tabla mostrada en la figura 8, en el ítem 3.10.1, donde el eje “x” corresponde al valor del nivel de significancia (0.025) y el eje “y” corresponde a los grados de libertad, determinándose el valor de  $t_t=2.776$  para un nivel de significancia de 0.025 y 4 grados de libertad.

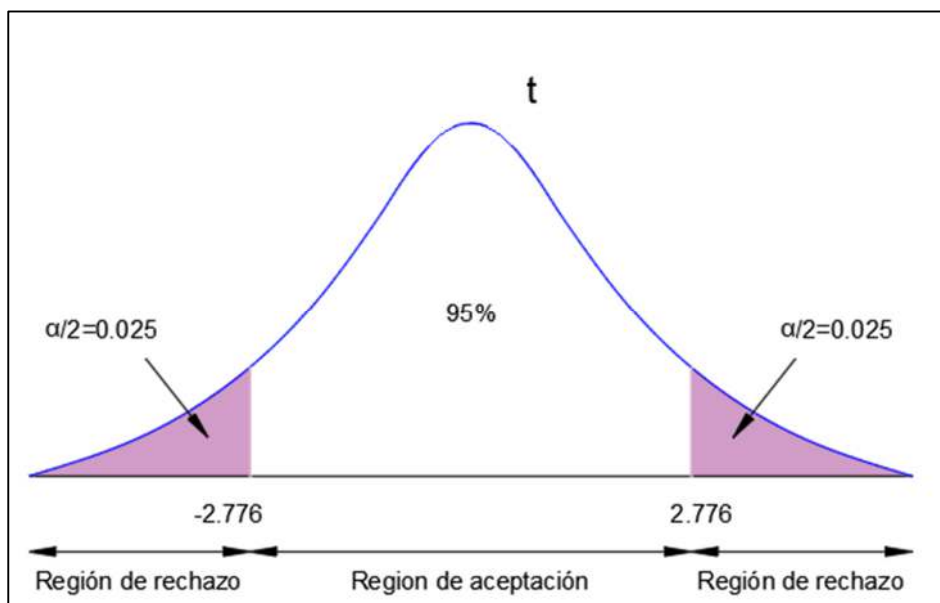
$$t_t = 2.776$$

Este dato indica que ambas colas tendrán el mismo valor, hacia la izquierda el valor de -2.776 y hacia la derecha el valor de 2.776.

Finalmente, la región crítica calculada y mostrada en la figura 33 será utilizada en las diferentes pruebas de hipótesis realizadas.

**Figura 33**

*Diagrama de región crítica y región de aceptación del estudio.*



*Nota.* La figura muestra los valores de la zona de rechazo tanto hacia el lado derecho e izquierdo de la distribución “t”.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.3.1. Hipótesis específica 1

- **Planteamiento de la hipótesis.**

$H_0: [\mu_x = \mu_y]$  El uso de aloe vera como aditivo natural no influye en la resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

$H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$  El uso de aloe vera como aditivo natural influye en la resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

- **Nivel de significancia.**

Se consideró el 5%, siendo  $\alpha=0.05$

- **Estadístico.**

Se calculó el estadístico o “ $t_c$ ” para cada una de las adiciones de aloe vera, en tal sentido se empezó por los datos obtenidos en la adición de 1.0 % hasta llegar a la adición de 3.0% de aloe vera, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$t_c = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}}}$$

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 + \sum(y_i - \bar{y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Donde:

$t = t_c$  ("t" calculado).

$\bar{x}$ : Media de la muestra 1 (con aloe vera)

$\bar{y}$ : Media de la muestra 2(sin aloe vera)

$n_1$ : Muestra 1 (con aloe vera)

$n_2$ : Muestra 2 (sin aloe vera)

$s^2$ : Desviación estándar

CA: Con aloe vera

SA: Sin aloe vera

**Tabla 30**

*Cálculo del "t<sub>c</sub>" para la adición de 1.0% de A.V en hipótesis específica 1.*

Adición de aloe vera (1.0 %)						
Muestra	CA (X)	SA (Y)	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	(Xi- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	(Yi- $\bar{Y}$ ) <sup>2</sup>
1	286.50	281.40	294.50	291.00	64.000	92.160
2	304.70	295.00	294.50	291.00	104.040	16.000
3	292.30	296.60	294.50	291.00	4.840	31.360
$\Sigma$					172.880	139.520
$s^2$					78.100	
$t_c$					<b>0.49</b>	

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 1 y adición de 1.0% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 31**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 1.5% de A.V en hipótesis específica 1.*

<b>Adición de aloe vera (1.5 %)</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CA (X)</b>	<b>SA (Y)</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\bar{Y}</math></b>	<b><math>(X_i - \bar{X})^2</math></b>	<b><math>(Y_i - \bar{Y})^2</math></b>
1	314.00	281.40	311.40	291.00	6.760	92.160
2	314.90	295.00	311.40	291.00	12.250	16.000
3	305.30	296.60	311.40	291.00	37.210	31.360
$\Sigma$					56.220	139.520
$s^2$			48.935			
<b><math>t_c</math></b>			<b>3.57</b>			

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 1 y adición de 1.5% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 32**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 2.0% de A.V en hipótesis específica 1.*

<b>Adición de aloe vera (2.0 %)</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CA (X)</b>	<b>SA (Y)</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\bar{Y}</math></b>	<b><math>(X_i - \bar{X})^2</math></b>	<b><math>(Y_i - \bar{Y})^2</math></b>
1	317.00	281.40	317.43	291.00	0.188	92.160
2	316.40	295.00	317.43	291.00	1.068	16.000
3	318.90	296.60	317.43	291.00	2.151	31.360
$\Sigma$					3.407	139.520
$s^2$			35.732			
<b><math>t_c</math></b>			<b>5.42</b>			

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 1 y adición de 2.0% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 33**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 2.5% de A.V en hipótesis específica 1.*

<b>Adición de aloe vera (2.5 %)</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CA (X)</b>	<b>SA (Y)</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\bar{Y}</math></b>	<b><math>(X_i - \bar{X})^2</math></b>	<b><math>(Y_i - \bar{Y})^2</math></b>
1	334.60	281.40	333.37	291.00	1.521	92.160
2	332.20	295.00	333.37	291.00	1.361	16.000
3	333.30	296.60	333.37	291.00	0.004	31.360
$\Sigma$					2.887	139.520
$s^2$			35.602			
<b><math>t_c</math></b>			<b>8.70</b>			

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 1 y adición de 2.5% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 34**

Cálculo del " $t_c$ " para la adición de 3.0% de A.V en hipótesis específica 1.

Adición de aloe vera (3.0 %)						
Muestra	CA (X)	SA (Y)	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1	328.40	281.40	322.50	291.00	34.810	92.160
2	323.00	295.00	322.50	291.00	0.250	16.000
3	316.10	296.60	322.50	291.00	40.960	31.360
$\Sigma$					76.020	139.520
$s^2$					53.885	
$t_c$					5.26	

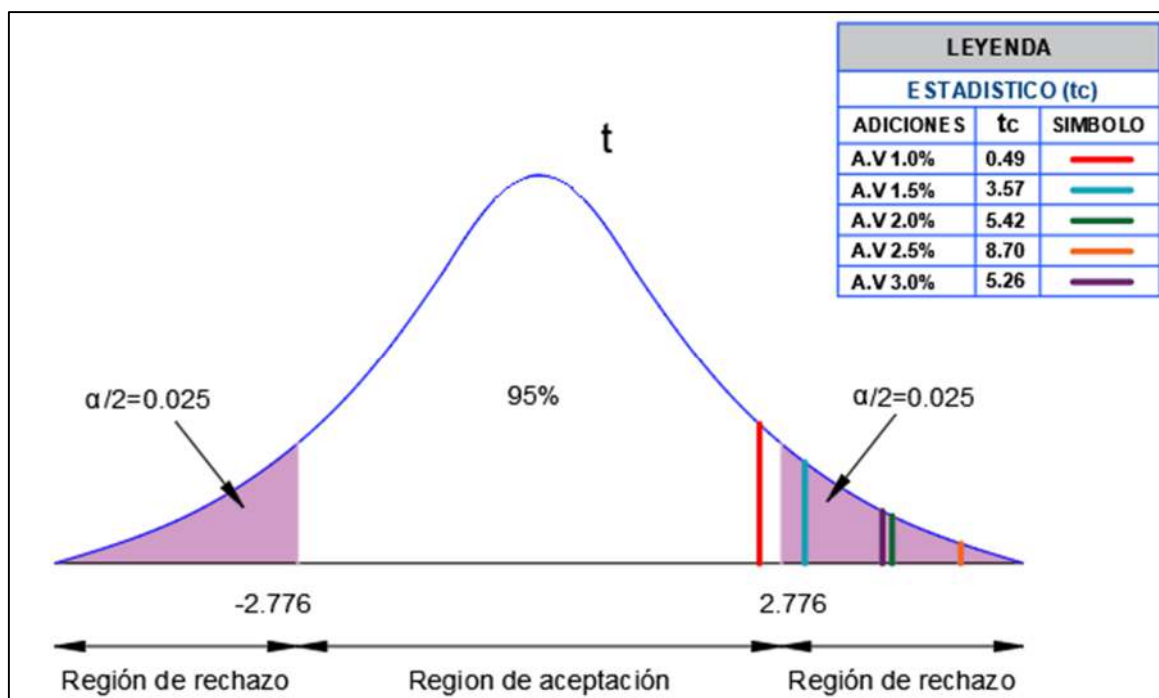
Nota. La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 1 y adición de 3.0% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 34 y en la tabla 35 se detalla la prueba de hipótesis realizada, correspondiente a la hipótesis específica 1, para cada una de las adiciones de aloe vera empleadas.

**Figura 34**

Diagrama de los estadísticos de la HE1 ubicados en la región crítica.



Nota. La figura muestra los valores de los estadísticos en la región crítica de las hipótesis realizadas para las adiciones de A.V en la hipótesis específica 1.

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 35**

Resultados de la prueba de hipótesis para la hipótesis específica 1.

Descripción	Adiciones de aloe vera				
	A.V (1.0%)	A.V (1.5%)	A.V (2.0%)	A.V (2.5%)	A.V (3.0%)
Planteamiento de hipótesis	$H_0: [\mu_x = \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural no influye en la resistencia a la compresión axial del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . $H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural influye en la resistencia a la compresión axial del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .				
Nivel de significancia	$\alpha=2.5\%=0.025$ (2 colas)				
"t" tabulado	2.776				
Región crítica	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$				
"t" calculado	0.49	3.57	5.42	8.70	5.26
Condición	Si $t_c \in \text{R.C.} \Rightarrow$ Se rechaza $H_0$				
Decisión	Como $t_c \in \text{R.C.} \Rightarrow$ Se rechaza $H_0$ y se acepta $H_a$ = el uso de aloe vera como aditivo natural influye en la resistencia a la compresión axial del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .				

*Nota.* La tabla muestra un resumen de los valores obtenidos de los estadísticos para la hipótesis específica 1 y los resultados de la decisión adoptada para cada uno de esos valores.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se concluye de la decisión tomada en las pruebas de hipótesis realizadas a la hipótesis específica 1, que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, cuyo planteamiento es el siguiente: El uso de aloe vera como aditivo natural influye en la resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Por lo tanto, se tiene evidencia estadística para manifestar, que la manera en la cual influye el aloe vera en la resistencia la compresión del concreto es de manera positiva, ya que a mayor adición de aloe vera la resistencia a la compresión del concreto se incrementa.

#### 4.3.2. Hipótesis específica 2

- **Planteamiento de la hipótesis.**

$H_0: [\mu_x = \mu_y]$  El uso de aloe vera como aditivo natural no influye en la consistencia del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

$H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$  El uso de aloe vera como aditivo natural influye en la consistencia del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

- **Nivel de significancia.**

Se consideró el 5%, siendo  $\alpha=0.05$

- **Estadístico.**

Para el cálculo del estadístico se utilizó la misma fórmula utilizada y mencionada en el ítem 4.3.1, obteniendo los resultados que se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 36**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 1.0% de A.V en hipótesis específica 2.*

Adición de aloe vera (1.0 %)						
Muestra	CA (X)	SA (Y)	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1	8.50	7.70	8.50	7.67	0.000	0.001
2	8.60	7.60	8.50	7.67	0.010	0.005
3	8.40	7.70	8.50	7.67	0.010	0.001
$\Sigma$					0.020	0.007
$s^2$			0.007			
$t_c$			<b>12.44</b>			

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 2 y adición de 1.0% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 37**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 1.5% de A.V en hipótesis específica 2.*

Adición de aloe vera (1.5 %)						
Muestra	CA (X)	SA (Y)	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1	9.10	7.70	9.00	7.67	0.010	0.001
2	8.90	7.60	9.00	7.67	0.010	0.004
3	9.00	7.70	9.00	7.67	0.000	0.001
$\Sigma$					0.020	0.007
$s^2$			0.007			
$t_c$			<b>20.00</b>			

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 2 y adición de 1.5% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 38**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 2.0% de A.V en hipótesis específica 2.*

<b>Adición de aloe vera (2.0 %)</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CA (X)</b>	<b>SA (Y)</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\bar{Y}</math></b>	<b><math>(X_i - \bar{X})^2</math></b>	<b><math>(Y_i - \bar{Y})^2</math></b>
1	9.70	7.70	9.63	7.67	0.004	0.001
2	9.60	7.60	9.63	7.67	0.001	0.004
3	9.60	7.70	9.63	7.67	0.001	0.001
$\Sigma$					0.007	0.007
$s^2$			0.003			
<b><math>t_c</math></b>			<b>41.72</b>			

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 2 y adición de 2.0% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 39**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 2.5% de A.V en hipótesis específica 2.*

<b>Adición de aloe vera (2.5 %)</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CA (X)</b>	<b>SA (Y)</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\bar{Y}</math></b>	<b><math>(X_i - \bar{X})^2</math></b>	<b><math>(Y_i - \bar{Y})^2</math></b>
1	10.20	7.70	10.10	7.67	0.010	0.001
2	10.00	7.60	10.10	7.67	0.010	0.004
3	10.10	7.70	10.10	7.67	0.000	0.001
$\Sigma$					0.020	0.007
$s^2$			0.007			
<b><math>t_c</math></b>			<b>36.50</b>			

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 2 y adición de 2.5% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 40**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 3.0% de A.V en hipótesis específica 2.*

<b>Adición de aloe vera (3.0 %)</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CA (X)</b>	<b>SA (Y)</b>	<b><math>\bar{X}</math></b>	<b><math>\bar{Y}</math></b>	<b><math>(X_i - \bar{X})^2</math></b>	<b><math>(Y_i - \bar{Y})^2</math></b>
1	10.80	7.70	10.73	7.67	0.004	0.001
2	10.70	7.60	10.73	7.67	0.001	0.004
3	10.70	7.70	10.73	7.67	0.001	0.001
$\Sigma$					0.007	0.007
$s^2$			0.003			
<b><math>t_c</math></b>			<b>65.05</b>			

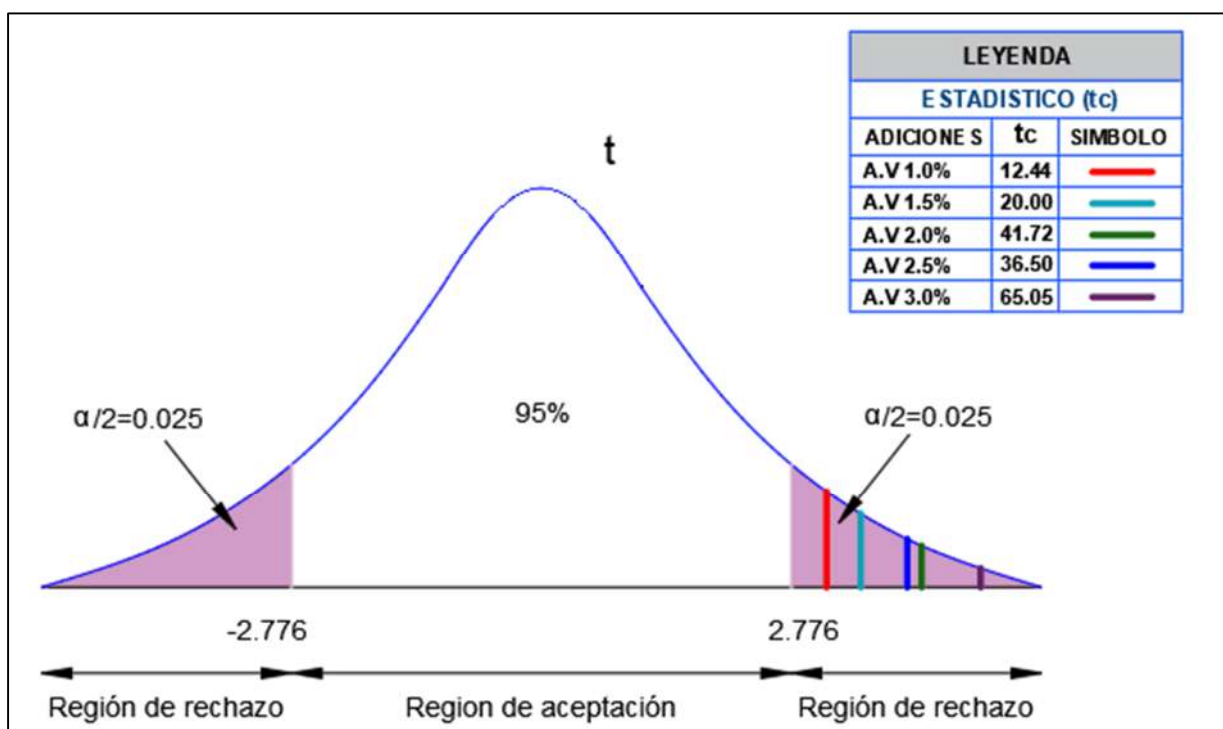
*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 2 y adición de 3.0% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 35 se muestran los estadísticos obtenidos y su ubicación en la región crítica, a su vez en la tabla 41 se detalla un resumen de la prueba de hipótesis realizada, correspondiente a la hipótesis específica 2, para cada una de las adiciones de aloe vera empleadas y probadas.

**Figura 35**

*Diagrama de los estadísticos de la HE2 ubicados en la región crítica.*



*Nota.* La figura muestra los valores de los estadísticos en la región crítica de las hipótesis realizadas para las adiciones de A.V en la hipótesis específica 2.

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 41**

Resultados de la prueba de hipótesis para la hipótesis específica 2.

Descripción	Adiciones de aloe vera				
	A.V (1.0%)	A.V (1.5%)	A.V (2.0%)	A.V (2.5%)	A.V (3.0%)
Planteamiento de hipótesis	$H_0: [\mu_x = \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural no influye en la consistencia del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .				
	$H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural influye en la consistencia del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .				
Nivel de significancia	$\alpha=2.5\%=0.025$ (2 colas)				
"t" tabulado	2.776				
Región crítica	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$				
"t" calculado	12.44	20.00	41.72	36.50	65.05
Condición	Si $t_c \in \text{R.C.} \Rightarrow$ Se rechaza $H_0$				
Decisión	Como $t_c \in \text{R.C.} \Rightarrow$ Se rechaza $H_0$ y se acepta $H_a$ = el uso de aloe vera como aditivo natural influye en la consistencia del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .				

*Nota.* La tabla muestra un resumen de los valores obtenidos de los estadísticos para la hipótesis específica 2 y los resultados de la decisión adoptada para cada uno de esos valores.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se concluye de la decisión tomada en las pruebas de hipótesis realizadas a la hipótesis específica 2, que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, cuyo planteamiento es el siguiente: El uso de aloe vera como aditivo natural influye en la consistencia del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .

Existe evidencia estadística para indicar, que la manera en la cual influye el aloe vera en la consistencia del concreto es de manera positiva, ya que a mayor adición de aloe vera se incrementa el asentamiento de la mezcla de concreto, ocasionando una consistencia más fluida, lo cual facilita la propiedad de trabajabilidad del concreto.

#### 4.3.3. Hipótesis específica 3

- **Planteamiento de la hipótesis.**

$H_0: [\mu_x = \mu_y]$  El uso de aloe vera como aditivo natural no influye en el tiempo de fraguado del concreto.

$H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$  El uso de aloe vera como aditivo natural influye en el tiempo de fraguado del concreto.

- **Nivel de significancia.**

Se consideró el 5%, siendo  $\alpha=0.05$

- **Estadístico.**

Para el cálculo del estadístico se utilizó la misma fórmula utilizada y mencionada en el ítem 4.3.1, obteniendo los resultados que se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 42**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 1.0% de A.V en hipótesis específica 3.*

Adición de aloe vera (1.0 %)						
Muestra	CA (X)	SA (Y)	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1	495.00	360.00	495.00	358.33	0.000	2.789
2	490.00	355.00	495.00	358.33	25.000	11.089
3	500.00	360.00	495.00	358.33	25.000	2.789
$\Sigma$					50.000	16.667
$s^2$			16.667			
$t_c$	41.00					

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 3 y adición de 1.0% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 43**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 1.5% de A.V en hipótesis específica 3.*

Adición de aloe vera (1.5 %)						
Muestra	CA (X)	SA (Y)	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1	525.00	360.00	525.00	358.33	0.000	2.778
2	520.00	355.00	525.00	358.33	25.000	11.111
3	530.00	360.00	525.00	358.33	25.000	2.778
$\Sigma$					50.000	16.667
$s^2$			16.667			
$t_c$	50.00					

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 3 y adición de 1.5% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 44**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 2.0% de A.V en hipótesis específica 3.*

<b>Adición de aloe vera (2.0 %)</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CA (X)</b>	<b>SA (Y)</b>	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	<b>(Xi-<math>\bar{X}</math>)<sup>2</sup></b>	<b>(Yi-<math>\bar{Y}</math>)<sup>2</sup></b>
1	570.00	360.00	571.67	358.33	2.778	2.778
2	575.00	355.00	571.67	358.33	11.111	11.111
3	570.00	360.00	571.67	358.33	2.778	2.778
$\Sigma$					16.667	16.667
$s^2$			8.333			
<b><math>t_c</math></b>	<b>90.51</b>					

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 3 y adición de 2.0% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 45**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 2.5% de A.V en hipótesis específica 3.*

<b>Adición de aloe vera (2.5 %)</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CA (X)</b>	<b>SA (Y)</b>	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	<b>(Xi-<math>\bar{X}</math>)<sup>2</sup></b>	<b>(Yi-<math>\bar{Y}</math>)<sup>2</sup></b>
1	615.00	360.00	615.00	358.33	0.000	2.778
2	620.00	355.00	615.00	358.33	25.000	11.111
3	610.00	360.00	615.00	358.33	25.000	2.778
$\Sigma$					50.000	16.667
$s^2$			16.667			
<b><math>t_c</math></b>	<b>77.00</b>					

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 3 y adición de 2.5% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 46**

*Cálculo del “ $t_c$ ” para la adición de 3.0% de A.V en hipótesis específica 3.*

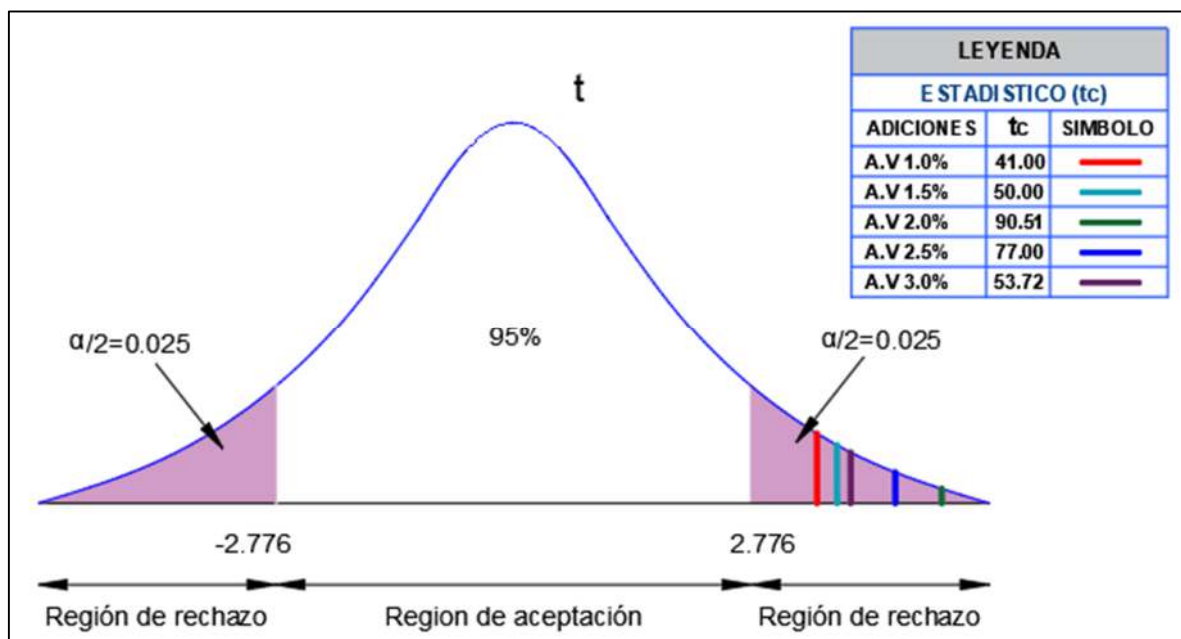
<b>Adición de aloe vera (3.0 %)</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CA (X)</b>	<b>SA (Y)</b>	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	<b>(Xi-<math>\bar{X}</math>)<sup>2</sup></b>	<b>(Yi-<math>\bar{Y}</math>)<sup>2</sup></b>
1	690.00	360.00	693.33	358.33	11.111	2.778
2	685.00	355.00	693.33	358.33	69.444	11.111
3	705.00	360.00	693.33	358.33	136.111	2.778
$\Sigma$					216.667	16.667
$s^2$			58.333			
<b><math>t_c</math></b>	<b>53.72</b>					

*Nota.* La tabla muestra el valor del estadístico para hipótesis específica 3 y adición de 3.0% de A.V.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 36

Diagrama de los estadísticos de la HE3 ubicados en la región crítica.



Nota. La figura muestra los valores de los estadísticos en la región crítica de cada una de las hipótesis realizadas para las adiciones de A.V en la hipótesis específica 3.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47

Resultados de la prueba de hipótesis para la hipótesis específica 3.

Descripción	Adiciones de aloe vera				
	A.V (1.0%)	A.V (1.5%)	A.V (2.0%)	A.V (2.5%)	A.V (3.0%)
Planteamiento de hipótesis	$H_0: [\mu_x = \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural no influye en el tiempo de fraguado del concreto. $H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural influye en el tiempo de fraguado del concreto.				
Nivel de significancia	$\alpha=2.5%=0.025$ (2 colas)				
"t" tabulado	2.776				
Región crítica	$<-\infty; -2.776]$ y $[2.776; +\infty>$				
"t" calculado	41.00	50.00	90.51	77.00	53.72
Condición	Si $t_c \in R.C. \Rightarrow$ Se rechaza $H_0$				
Decisión	Como $t_c \in R.C. \Rightarrow$ Se rechaza $H_0$ y se acepta $H_a$ = el uso de aloe vera como aditivo natural influye en el tiempo de fraguado del concreto.				

Nota. La tabla muestra un resumen de los valores de los estadísticos para la hipótesis específica 3, también se da a conocer un resumen de la hipótesis realizada y los resultados de la decisión adoptada para cada uno de esos valores.

Fuente: Elaboración propia.

De las pruebas de hipótesis realizadas a la hipótesis específica 3, se concluye que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, cuyo planteamiento es el siguiente: El uso de aloe vera como aditivo natural influye en el tiempo de fraguado del concreto.

Cabe mencionar que la manera en la cual influye el aloe vera en el tiempo de fraguado del concreto es de manera positiva, ya que a mayor adición de aloe vera se incrementa el tiempo de fraguado inicial del concreto, generando mayor tiempo para la manipulación del concreto hasta el inicio del fraguado final.

Finalmente, luego de probar todas las hipótesis específicas planteadas y para cada una de las adiciones de aloe vera empleadas, se concluye que la decisión adoptada en cada hipótesis es aceptar las hipótesis alternas cuyos enunciados se aprecian en la siguiente tabla:

**Tabla 48**  
*Decisiones adoptadas en la prueba de hipótesis.*

Descripción	Planteamiento de hipótesis	Decisión
Hipótesis 1	$H_0: [\mu_x = \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural no influye en la resistencia a la compresión axial del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ . $H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural influye en la resistencia a la compresión axial del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ .	El uso de aloe vera como aditivo natural influye en la resistencia a la compresión axial del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ .
Hipótesis 2	$H_0: [\mu_x = \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural no influye en la consistencia del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ . $H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural influye en la consistencia del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ .	El uso de aloe vera como aditivo natural influye en la consistencia del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ .
Hipótesis 3	$H_0: [\mu_x = \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural no influye en el tiempo de fraguado del concreto. $H_a: [\mu_x \neq \mu_y]$ El uso de aloe vera como aditivo natural influye en el tiempo de fraguado del concreto.	El uso de aloe vera como aditivo natural influye en el tiempo de fraguado del concreto.

*Nota.* En la tabla se da a conocer las decisiones adoptadas en cada una de las hipótesis planteadas en la investigación, cada una con sus respectivos enunciados.

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

De acuerdo a los diversos ensayos realizados y tras realizar los análisis sobre la influencia del aloe vera en el concreto se concluye lo siguiente:

1. La influencia de la adición de aloe vera como aditivo natural en la mezcla del concreto, se dio de manera positiva en todos los porcentajes de adición que se consideró en la investigación, estas adiciones fueron del: 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0%. Los valores de resistencia a la compresión obtenidos fueron: 294.5 kg/cm<sup>2</sup> , 311.4 kg/cm<sup>2</sup> , 317.4 kg/cm<sup>2</sup> , 333.4 kg/cm<sup>2</sup> y 322.5 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente para cada adición según lo mostrado en las tabla N° 18, ya que dichas adiciones incrementan la resistencia a la compresión del concreto a una edad de 28 días. El óptimo valor de resistencia a la compresión que se obtuvo fue de 333.4 kg/cm<sup>2</sup> , que corresponde a la adición del 2.5%, ya que en la siguiente adición que viene a ser el 3.0% se obtuvo una resistencia a la compresión de 322.5 kg/cm<sup>2</sup> observándose una disminución de la resistencia respecto a la adición del 2.5%, reduciéndose de 333.4 kg/cm<sup>2</sup> a 322.5 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo este valor sigue siendo mayor a la resistencia del concreto patrón cuyo valor es de 291.0 kg/cm<sup>2</sup>.
2. La influencia de la adición de aloe vera como aditivo natural en la mezcla del concreto, 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. Los resultados obtenidos para las adiciones de 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0% fueron los siguientes valores de asentamiento: 8.50 cm, 9.00 cm, 9.63 cm, 10.10 cm, 10.73 cm respectivamente según la tabla N° 20, dando un resultado más elevado de fluidez para la adición de 3.0% de aloe vera respecto a la muestra patrón, que presentó un asentamiento de 7.67 cm. En resumen, la adición de aloe vera en la mezcla del concreto es directamente proporcional al asentamiento del concreto.

3. La influencia de la adición de aloe vera como aditivo natural en la mezcla del concreto, con respecto al tiempo de fraguado, se dio de manera positiva presentando una relación directamente proporcional al tiempo de fraguado, los valores que se obtuvieron para las adiciones de 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5% y 3.0% para tiempo de fraguado inicial fueron: 155 min., 218 min., 238 min., 278 min., 326 min., 336 min. respectivamente según lo mostrado en la tabla N° 28 y para el tiempo de fraguado final fueron de: 495 min., 525 min., 572 min., 615 min., 693 min. respectivamente como se muestra en la tabla N° 28 todos con respecto a la muestra patrón que tuvo un tiempo de fraguado inicial de 155min. y fraguado final de 358 min.
4. La adición de aloe vera en la mezcla de concreto, actúa como un retardante en el fraguado del concreto.

### **Recomendaciones**

1. No es recomendable emplear adiciones superiores al 2.5% de aloe vera, debido a que en esta adición se logró una óptima resistencia a la compresión axial del concreto.
2. Se recomienda para futuras investigaciones, tener mayor control del agua empleada en el diseño de mezcla, siendo lo recomendable la sustitución parcial del agua por la cantidad de aloe vera adicionada, para obtener un concreto con una consistencia menos fluida.
3. Se recomienda el uso de este concreto adicionado con aloe vera, para obras que requieren un concreto con mayor tiempo de manipulación en su colocado, mayor trabajabilidad, ya que la adición de aloe vera actúa como un retardante en el tiempo de fraguado del concreto
4. Se recomienda a las canteras proveedoras de agregado grueso y fino de la localidad en estudio, contar con una ficha técnica de los agregados indicando la caracterización de estos, para brindar mayor confianza al cliente sobre los productos que proveen.
5. Se recomienda realizar estudios del comportamiento del concreto adicionado con aloe vera expuesto a sulfatos.

### Referencias bibliográficas

- Abanto Castillo, T. F. (2009). *Tecnología del concreto* (Segunda ed.). Lima, Perú: San Marcos.
- Abanto Castillo, T. F. (2017). *Tecnología del concreto* (Tercera ed.). Lima, Perú: San Marcos.
- Aburto Moreno, Z. A. (2017). Influencia del aloe vera sobre la resistencia a la compresión, infiltración, absorción capilar, tiempo de fraguado y asentamiento en un concreto estuctural. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Alcalde Ibañez, A. X., & Alcalde Ibañez, J. C. (2019). Análisis comparativo de las principales propiedades mecánicas de un concreto: patrón, con aditivo natural (azúcar) y con aditivo chemaplast. (*Tesis de grado*). Universidad Privada antenor Orego, Trujillo, Perú.
- Álvarez Guillén, J. C. (2017). Azúcar como aditivo retardante y modificador de resistencia para mezclas de concreto. (*Tesis de pregrado*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Babilonia, I., & Urango, S. P. (2015). Uso de aditivos de origen natural integral a masa de concreto para la protección contra la corrosión del acero estructural embebido. (*Tesis de grado*). Universidad de Cartagena, Cartagena.
- Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodología de la Investigación*. Shalom.
- Cárdenas Cerón, S. M., & Jesús Shapiama, K. M. (2019). Diseño de concreto  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando gel de aloe vera para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto 2019. (*Tesis de grado*). Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto, Perú.
- Domínguez Fernández, R. I., Arzate Vásquez, I., Chanona Pérez, J. J., Waltei Chanes, J. S., Alvarado Gonzáles, J. S., Calderón Domínguez, G., . . . Gutiérrez López, G. F. (2012). El gel de aloe vera, estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(1), 23-43.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Motodología d ela investigación* (Sexta ed.). Santa Fe, México: McGraw Hill.
- Herrera, H., Franco, M., Miranda, J., Hernández, E., Espinoza, A., & Fajardo, G. (2015). Gel de aloe-vera como potencial inhibidor de la corrosión del acero de refuerzo estructural. *Avances en ciencias e Ingeniería*.
- Intor, C. (2015). Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con fibras de polipropileno. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. *Portland Cement Association, Primera*. EE.UU.
- Martinez Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo* (Décimo tercera ed.). Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- Mujica Luque, A., & Trujillo Ricalde, K. I. (2017). Evaluación de la variación y desarrollo de la resistencia a compresión del concreto de calidad  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  curado con aloe vera con respecto a curados usuales, usando agregados de las canteras de Vicho y Cunyac. (*Tesis de pregrado*). Universidad Andina del Cusco, Cusco.
- Norma Técnica Peruana 334.006. (2003). Determinación del tiempo de fraguado del cemento Hidráulico utilizando la aguja de Vicat.
- Oloya Perez, R. A., & Ponce Mendoza, G. V. (2019). Influencia del uso de mucílago de cactus echinopsis pachanoi como aditivo natural para evaluar la resistencia a compresion, consistencia y permeabilidad del concreto en la ciudad de Trujillo. (*Tesis de pregrado*). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Primo Cubas, C. J. (2014). Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (opuntia ficus-indica) en la resistencia a compresión del concreto. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Quijije Lage, M. B. (2017). Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre el hormigón tradicional y el hormigón con pigmentos naturales. (*Tesis de pregrado*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Risco Bardales, E. A. (2017). Comportamiento de la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto adicionado con extracto de sábila, ciudad de Barranca-2016.

- (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.
- Rivva López, E. (2013). *Diseño de mezclas* (Segunda ed.). Lima, Perú.
- Rivva, E. (1992). *Diseño de mezclas*. Lima, Perú: Hozlo SCRL.
- Sánchez de Guzman, D. (2001). *Tecnología del concreto y mortero* (quinta ed.). Bogotá, Colombia: Cargraphics S.A.
- Schweizer, M. (1994). Aloe vera, la planta que cura. *Aloe vera*. Paris, Francia.
- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (Cuarta ed.). México: Limusa S.A.
- Terreros, L. E., & Carvajal, I. L. (2016). Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo. (*Tesis de grado*). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

## **Anexos**