

Compressive Strength of Concrete $f'_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$ with the Addition of 10% and 15% of Aloe Vera Gel

Guisela Evelin Arias Urbina, Bach.¹; Nixon Cristhian Lopez Cabanillas, Bach²
Kely Elizabeth Nuñez Vasquez, Ing.³

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú, N00016398@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00184202@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, kely.nunez@upn.edu.pe

Abstract– *The objective of this research was to determine the variation in the compressive strength of concrete with $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ when adding aloe vera gel in proportions of 10% and 15% with respect to the mixing water. An experimental design was used with 45 test tubes distributed in three groups, the first group corresponds to the standard sample, the second group to the samples with the addition of 10% and the third group to the samples with the addition of 15%, evaluated after 7, 14 and 28 days of curing. The aggregates used were obtained from the Bazán quarry, which complied with current technical regulations. The design of the mixtures was carried out using the ACI 211 method. Our study has a quantitative approach and is experimental, the results obtained were a compressive strength of concrete without addition of 241.41 kg/cm^2 at 28 days, while with 10% aloe vera gel increased to 296.61 kg/cm^2 (22.89% more) and with 15% it reached 268.88 kg/cm^2 (11.38% more). According to the results, the hypothesis proposed for the 10% addition is partially approved, since the expected 20% increase was exceeded, while for the 15% this value was not reached. It was concluded that 10% addition is the optimal percentage to maximize compressive strength, combining effectiveness and economic viability, thus supporting the use of aloe vera as a promising natural additive to improve concrete properties in a sustainable manner.*

Keywords-- Resistance, Aloe vera, concrete, additives.

Resistencia a la Compresión del Concreto $F'_c=210$ Kg/Cm² con Adición de 10% y 15% de Gel de Aloe Vera

Guisela Evelin Arias Urbina, Bach.¹; Nixon Cristhian Lopez Cabanillas, Bach²

Kely Elizabeth Nuñez Vasquez, Ing.³

¹ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú, N00016398@upn.pe

² Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, N00184202@upn.pe

³ Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca – Perú, kely.nunez@upn.edu.pe

Resumen– El objetivo de esta investigación fue determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto con $f'_c = 210$ kg/cm² al adicionar gel de aloe vera en proporciones de 10% y 15% respecto al agua de mezcla. Se utilizó un diseño experimental con 45 probetas distribuidas en tres grupos, el primer grupo corresponde a la muestra patrón, el segundo grupo a las muestras con adición de 10% y el tercer grupo a las muestras con adición de 15%, evaluadas a los 7, 14 y 28 días de curado. Los agregados utilizados fueron obtenidos de la cantera Bazán, los cuales cumplieron las normativas técnicas vigentes. El diseño de las mezclas se realizó utilizando el método ACI 211. Nuestro estudio tiene un enfoque cuantitativo y es tipo experimental, los resultados obtenidos fueron una resistencia a la compresión del concreto sin adición de 241.41 kg/cm² a los 28 días, mientras que con 10% de gel de aloe vera incrementó a 296.61 kg/cm² (22.89% más) y con 15% alcanzó 268.88 kg/cm² (11.38% más). De acuerdo a los resultados se aprueba parcialmente la hipótesis planteada para el 10% de adición, ya que se superó el incremento del 20% esperado, mientras que para el 15% no se alcanzó dicho valor. Se concluyó que el 10% de adición es el porcentaje óptimo para maximizar la resistencia a la compresión, combinando efectividad y viabilidad económica, respaldando así el uso del aloe vera como un aditivo natural prometedor para mejorar las propiedades del concreto de manera sostenible.

Palabras clave-- Resistencia, aloe vera, Concreto, Aditivos.

I. INTRODUCCIÓN

En Cajamarca, Perú, la construcción enfrenta diversos desafíos que afectan la resistencia del concreto, una variable crucial para la durabilidad y seguridad de las estructuras. La región ha experimentado un crecimiento en proyectos de infraestructura, pero la calidad del concreto utilizado sigue siendo un punto crítico. Las deficiencias en la selección de materiales, junto con las condiciones climáticas y geográficas específicas de la región, pueden comprometer la resistencia a la compresión del concreto [1]. Además, el uso de prácticas constructivas inadecuadas puede resultar en estructuras vulnerables, lo que subraya la necesidad de un enfoque más riguroso en la calidad del concreto utilizado.

Para abordar estos problemas, la investigación sobre el uso de aditivos en el concreto ha cobrado relevancia en Cajamarca.

Aditivos naturales como el gel de aloe vera están siendo considerados por sus propiedades potenciales para mejorar la resistencia del concreto y contribuir a la sostenibilidad en la construcción [2]. Estos aditivos pueden modificar la microestructura del concreto, aumentando su resistencia a la compresión y mejorando su durabilidad frente a condiciones ambientales adversas, un aspecto crucial en un área con desafíos climáticos [2].

Sin embargo, la implementación de estos aditivos enfrenta obstáculos, como la falta de conocimiento técnico en el uso de nuevos materiales y la resistencia de los constructores a cambiar prácticas tradicionales [1]. A pesar de esto, la búsqueda de soluciones innovadoras para mejorar la resistencia del concreto en Cajamarca es fundamental para garantizar la seguridad y longevidad de las estructuras en la región.

La resistencia del concreto es un aspecto crítico en la construcción, y diversas causas contribuyen a la problemática a nivel general. Una de las principales causas es la calidad de los materiales utilizados. En muchas ocasiones, los agregados y el cemento no cumplen con las normativas adecuadas, lo que puede resultar en mezclas de concreto de baja calidad [3]. La variabilidad en la calidad de los insumos, un problema común en la industria de la construcción puede comprometer la resistencia del concreto y su durabilidad en el tiempo.

Otra causa significativa es la falta de control en el proceso de mezcla y curado. Las prácticas de construcción inadecuadas, como la proporción incorrecta de agua en la mezcla, pueden afectar la resistencia final del concreto [4]. Además, el curado inadecuado puede llevar a un desarrollo deficiente de las propiedades del concreto, incrementando el riesgo de agrietamiento y fallas estructurales.

Por último, el impacto del cambio climático en las condiciones ambientales también influye en la resistencia del concreto. Las variaciones en temperatura y humedad pueden afectar negativamente el proceso de curado y el comportamiento del concreto a lo largo del tiempo [1]. Esto es particularmente relevante en regiones con climas extremos o fluctuantes, donde la exposición a condiciones adversas puede acelerar el deterioro de las estructuras.

Se tiene las siguientes investigaciones que sirven como antecedentes.

[5] En el estudio titulado “Assessment of material quality in concrete production”, realizado en India, se examinó el impacto del gel de aloe vera como aditivo en la resistencia del concreto. Se llevaron a cabo ensayos con un total de 30 muestras, aplicando tres diferentes dosificaciones de gel de aloe vera (5%, 10% y 15%). Los resultados indicaron que la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo fue de 22 MPa, mientras que con el 10% de gel de aloe vera, la resistencia aumentó a 26.4 MPa, lo que representa un incremento del 20%.

[6] “Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de gel de aloe vera – Cajamarca 2022”. El objetivo de esta investigación fue determinar la variación de la resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado al adicionar gel de aloe vera en porcentajes de 0%, 1%, 1.5% y 2%. Se utilizó material de la cantera Pariamarca en Cajamarca, siguiendo un diseño experimental con 64 adobes elaborados mediante la máquina CINVA RAM, divididos equitativamente entre ensayos de compresión y flexión. Los ensayos incluyeron análisis granulométrico, límites de consistencia y Proctor modificado para establecer el contenido óptimo de humedad. Los resultados demostraron que la adición de gel de aloe vera al 1.5% incrementó la resistencia a la compresión en un 28.14% y la resistencia a la flexión en un 46.58% en comparación con los adobes sin adición. Sin embargo, la adición al 2% mostró una reducción en las propiedades mecánicas debido al exceso de humedad. Se concluyó que el uso de gel de aloe vera al 1.5% es óptimo para mejorar las propiedades mecánicas del adobe, ofreciendo una alternativa económica y sostenible para construcciones en zonas rurales de Cajamarca.

Marco teórico

Resistencia del Concreto

La resistencia del concreto es una de las propiedades más críticas que determinan su desempeño en estructuras de construcción. Esta propiedad se refiere a la capacidad del concreto para soportar cargas sin fallar, y se mide generalmente en términos de resistencia a la compresión. Según [3], la resistencia del concreto depende de diversos factores, como la relación agua-cemento, la calidad de los materiales utilizados (agregados y cemento), y el proceso de curado. Una adecuada relación agua-cemento es fundamental, ya que una cantidad excesiva de agua puede disminuir la resistencia, mientras que una insuficiente puede dificultar la hidratación del cemento [7].

Los estándares de resistencia para el concreto se establecen en función de las necesidades estructurales específicas y se definen generalmente en megapascuales (MPa). En este sentido, un concreto de 210 kg/cm², equivalente a aproximadamente 21 MPa, se considera adecuado para aplicaciones estructurales ligeras a moderadas [8]. La mejora en la resistencia a través de aditivos, como el gel de aloe vera, se ha investigado recientemente, encontrando que puede influir positivamente en la microestructura del concreto, aumentando su resistencia [9].

Concreto

El concreto es un material compuesto de construcción formado por una mezcla de cemento, agregados (arena y grava),

agua, y aditivos en algunos casos. Según la Norma Técnica Peruana (NTP 339.034, 2014), el concreto debe cumplir con ciertos requisitos de resistencia, durabilidad, trabajabilidad y homogeneidad, que varían dependiendo del tipo de obra y su ubicación geográfica. Es utilizado principalmente en estructuras de ingeniería civil debido a su alta resistencia a la compresión [3].

Propiedades Físicas del Concreto

Entre las propiedades físicas más relevantes del concreto se encuentran la densidad, que varía generalmente entre 2200 y 2500 kg/m³, y la permeabilidad, que está relacionada con la durabilidad y la capacidad del concreto para resistir la entrada de agua y sustancias agresivas [7].

La trabajabilidad, es decir, la facilidad con la que el concreto fresco puede ser colocado y compactado, también es una propiedad clave que afecta la calidad del concreto final.

Propiedades Mecánicas del Concreto

La resistencia a la compresión es la propiedad mecánica más importante del concreto y se evalúa a través de pruebas normalizadas, como lo establece la NTP 339.034 (2014). Esta propiedad depende de la calidad de los materiales y del proceso de curado. Un concreto de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ es comúnmente utilizado en edificaciones de uso residencial y comercial de mediana escala [7]. Otras propiedades mecánicas incluyen la resistencia a la tracción, que es mucho menor que la resistencia a la compresión, y la resistencia a la flexión, que es importante para elementos estructurales delgados como losas.

Tipos de Concreto

Tenemos tipos de concreto, entre ellos:

Concreto convencional, utilizado en la mayoría de las construcciones.

Concreto de alta resistencia, que puede alcanzar resistencias superiores a los 600 kg/cm².

Concreto autocompactable, diseñado para fluir sin necesidad de vibración

Concreto con aditivos, que mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto mediante la adición de sustancias químicas [8].

Materiales del Concreto

Los principales materiales utilizados en la elaboración del concreto incluyen:

Cemento: Material pulverulento que, al mezclarse con agua, fragua y endurece, uniendo los agregados en el concreto. Está compuesto por clínker, yeso y aditivos minerales. (NORMA E.060, Rev. 2019)

Agregado Grueso: Partículas minerales mayores a 4.75 mm que aportan resistencia y estabilidad al concreto, influyendo en su capacidad estructural. (NORMA E.060, Rev. 2019)

Agregado Fino: Partículas menores a 4.75 mm que mejoran la cohesión y llenan los espacios entre los agregados gruesos, favoreciendo la trabajabilidad del concreto (N° 200). (NORMA E.060, Rev. 2019)

Agua: Elemento esencial que hidrata el cemento, permitiendo el fraguado y endurecimiento, además de facilitar la trabajabilidad. Debe ser limpia y libre de impurezas. (NTP 339.088, Rev. 2019)

Influencia de los Aditivos en el Concreto

Los aditivos juegan un rol crucial en la mejora de las propiedades del concreto. Entre los aditivos más comunes se encuentran los reductores de agua, los acelerantes de fraguado y los retardantes. Según [10], el uso de aditivos naturales como el gel de aloe vera ha demostrado mejorar la resistencia a la compresión del concreto hasta en un 20%, dependiendo de la proporción utilizada. El aloe vera actúa aumentando la cohesión de los materiales y reduciendo la permeabilidad, lo que mejora tanto la resistencia mecánica como la durabilidad del concreto.

Aloe Vera

El gel de aloe vera, un producto natural obtenido de la planta Aloe barbadensis, se ha utilizado en diversas aplicaciones, incluyendo la construcción, debido a sus propiedades únicas. Este gel contiene una alta concentración de compuestos bioactivos, como polisacáridos y aminoácidos, que pueden influir en las propiedades del concreto [11]. La incorporación de gel de aloe vera en mezclas de concreto puede mejorar la fluidez de la mezcla, reducir la permeabilidad y aumentar la resistencia a la compresión.

Investigaciones recientes han demostrado que el gel de aloe vera actúa como un aditivo que mejora la cohesión y la adherencia entre los componentes del concreto, lo que resulta en un aumento significativo de la resistencia mecánica. Por ejemplo, estudios realizados por [10] indican que el uso de un 10% de gel de aloe vera puede incrementar la resistencia a la compresión del concreto en hasta un 20% en comparación con mezclas sin aditivos. Además, el uso de aditivos naturales como el gel de aloe vera es una estrategia sostenible que contribuye a la reducción del impacto ambiental en la industria de la construcción [12].

Propiedades del Aloe Vera

El aloe vera es conocido por su capacidad de retener humedad, su resistencia a la degradación y sus propiedades antimicrobianas. En el campo de la construcción, su uso como aditivo en el concreto se justifica por su capacidad para mejorar la cohesión de los componentes del concreto, lo que resulta en una mezcla más uniforme y menos permeable. Estas propiedades contribuyen a aumentar la resistencia a la compresión y reducir el agrietamiento por retracción (Pérez, 2022) [12].

Aplicaciones del Aloe Vera en la Construcción

El uso del aloe vera en la construcción ha ganado interés debido a su naturaleza sostenible y su capacidad para mejorar las propiedades del concreto. Estudios recientes han demostrado que el gel de aloe vera puede utilizarse como un aditivo natural en mezclas de concreto, reduciendo la necesidad de aditivos químicos más agresivos y costosos. Este enfoque sostenible también se alinea con la creciente tendencia hacia prácticas de construcción más ecológicas [10].

Características del Aloe Vera como Aditivo

El gel de aloe vera presenta características específicas que lo hacen ideal para su uso en concreto. Entre ellas:

- Retención de agua: El gel de aloe vera contiene compuestos bioactivos que actúan como agentes de retención de agua, lo cual reduce la evaporación y mejora la hidratación del cemento durante el proceso de fraguado. Esto contribuye a una mejor calidad y resistencia del concreto
- Mejora en la cohesión y trabajabilidad: Debido a su viscosidad, el gel de aloe vera ayuda a mejorar la cohesión entre los componentes del concreto, reduciendo la segregación de los materiales y mejorando la trabajabilidad de la mezcla.
- Propiedades antioxidantes y antimicrobianas: El gel de aloe vera también tiene propiedades antioxidantes y antimicrobianas, lo que contribuye a la durabilidad del concreto. Estas propiedades son particularmente útiles en ambientes agresivos, donde pueden ayudar a prevenir la corrosión en estructuras de acero reforzado.
- Resistencia a la compresión: mejora esta propiedad mecánica en el concreto, incrementando hasta un 15-20% su capacidad para soportar cargas, dependiendo de la proporción utilizada en la mezcla [9].
- Mejora en la durabilidad: Con la adición de un 4% de gel de aloe vera, se ha observado un incremento significativo en la durabilidad del concreto, lo cual se asocia con su capacidad para optimizar la hidratación y la cohesión interna de la mezcla.

II. METODOLOGIA

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas: La observación científica es una técnica fundamental de recolección de datos que permite examinar fenómenos de manera sistemática y objetiva, ya sea en entornos naturales o controlados. Según [13], esta técnica se utiliza para registrar, describir y analizar situaciones o comportamientos específicos sin la intervención directa del investigador, permitiendo que los fenómenos se desarrollen de forma natural. La observación puede ser participante o no participante, dependiendo de si el investigador interactúa activamente con el entorno o se mantiene como observador externo. Robson también señala que la validez de esta técnica depende de la rigurosidad con la que se planifica y ejecuta, lo cual incluye el uso de protocolos estructurados y el registro detallado de los eventos observados. Esta técnica es especialmente útil en estudios de campo y exploratorios, donde el investigador necesita recopilar datos empíricos sin manipular las variables de estudio.

Procedimiento: Esta investigación analiza el impacto de la adición de gel de aloe vera en la resistencia a la compresión del concreto, utilizando porcentajes de 10% y 15%. Los ensayos experimentales se realizaron en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, cumpliendo con las normativas y protocolos establecidos para garantizar la precisión en la evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto. Los procedimientos seguidos se detallan a continuación:

Obtención y procesamiento del Aloe Vera: El gel de aloe vera utilizado en esta investigación fue obtenido a partir de hojas frescas de la planta Aloe barbadensis Miller, seleccionadas por su tamaño y madurez para asegurar la calidad del extracto. Las hojas fueron lavadas minuciosamente con agua potable para eliminar cualquier suciedad o contaminante. Posteriormente, se retiró la piel externa de las hojas mediante un corte longitudinal, exponiendo el gel interior.

Durante el proceso de extracción, se prestó especial atención a la eliminación de agentes irritantes presentes en las hojas, como el yodo, las aloínas y las antraquinonas, sustancias que pueden afectar las propiedades del gel y generar reacciones adversas. Para expulsar estas sustancias, las hojas de aloe vera se remojaron en agua durante un período de 24 horas. Durante este tiempo, las sustancias irritantes se liberaron y tiñeron el agua de un color amarillo a marrón. Este cambio de color del agua fue el indicador clave para verificar que la mayor parte de los irritantes había sido eliminada.

Tras completar el remojo, las hojas fueron escurridas y el gel fue extraído cuidadosamente para evitar la mezcla con el látex amarillo, que también contiene compuestos irritantes. El gel fue colocado en un recipiente limpio y luego licuado para obtener una mezcla homogénea y lograr la consistencia adecuada de gel. Posteriormente, fue filtrado para eliminar restos de fibras y asegurar una textura uniforme. Durante todo el proceso de extracción y preparación, se mantuvieron condiciones controladas de higiene y temperatura para preservar las propiedades del gel de penca sábila.

Finalmente, el gel licuado fue almacenado en recipientes herméticos y conservado en refrigeración para evitar su descomposición y mantener sus características físicas y químicas hasta su uso en los ensayos experimentales.

Descripción de ensayos realizados al Aloe Vera para su caracterización física.

Ensayo de densidad (Según ASTM D792 - ISO 1183-1.2019)

La densidad del gel de AV se determina midiendo la masa y el volumen de una muestra. El procedimiento es el siguiente:

- ✓ Se toma una muestra del gel previamente filtrado y se mide su masa utilizando una balanza de precisión.
- ✓ Luego, se mide el volumen de la muestra mediante el uso de una probeta graduada o un picnómetro, asegurando que no haya burbujas de aire en la muestra.

Calculo:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Ecuación (1) Densidad de un líquido o sólido.

Donde:

ρ = Densidad (kg/m³).

m = Masa de la muestra (kg).

V = Volumen de la muestra (m³).

Este ensayo permite determinar la densidad del aloe vera, que es crucial para evaluar su comportamiento en mezclas de concreto.

Ensayo de gravedad específica (Según ASTM D854 - ISO 2811-1.2016)

La gravedad específica es una propiedad que se determina comparando la densidad del gel de aloe vera con la del agua. Para medirla:

- ✓ Se llena un picnómetro con agua destilada a temperatura ambiente y se mide su masa. Luego, se vacía y se llena el mismo picnómetro con una cantidad conocida de gel de AV.
- ✓ Se mide la masa del picnómetro lleno con el gel y se calcula la gravedad específica comparando ambas mediciones.

Calculo:

$$SG = \frac{\rho_{\text{aloe vera}}}{\rho_{\text{agua}}}$$

Ecuación (2) Densidad de un líquido o sólido.

Donde:

SG = Gravedad específica

m = Masa de la muestra (kg).

ρ_{AV} = Densidad del gel de AV.

ρ_{agua} = Densidad del agua a la misma temperatura (1000 kg/m³)

Este ensayo es útil para establecer cómo el gel de AV interactuará en medios líquidos o en mezclas como el concreto.

Ensayo de peso específico (Según ASTM D854 - ISO 2811-1.2016)

El peso específico se calcula indirectamente a partir de la densidad obtenida en el ensayo de densidad, utilizando la fórmula:

$$\gamma = \rho * g$$

Ecuación (3) Peso específico.

Donde:

γ = es el peso específico (N/m³)

ρ = Densidad del gel de aloe vera (kg/m³).

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Ensayo de viscosidad (Según ISO 12058-1.2018)

Para calcular la viscosidad dinámica (μ), se utiliza la ley de Stokes, que relaciona la velocidad de la esfera en caída libre a través de un fluido con su viscosidad. La fórmula es:

$$\mu = \frac{2 * (\rho_s - \rho_f) * g * r^2}{9 * V_t}$$

Ecuación (4) Viscosidad por Ley de Stokes.

Donde:

μ = Viscosidad dinámica del gel (Pa·s)

ρ_s = Densidad de la bola de acero (kg/m³).

ρ_f = Densidad del gel de aloe vera (kg/m³), que debe haberse calculado previamente.

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

r = Radio de la bola de acero (m).

Vt = Velocidad terminal de la bola (m/s), que se calcula como:

$$V_t = \frac{L}{t}$$

Ecuación (5) Velocidad terminal de la bola.

Donde:

L = Distancia recorrida por la esfera (m).

t = es el tiempo que tarda la esfera en recorrer dicha distancia (s).

Descripción para la caracterización físico mecánicas de agregados naturales

- Evaluación granulométrica de AG y AF (NTP-400.012)
- Densidad relativa y capacidad de absorción de agregados gruesos (NTP 400.021)
- Peso específico y absorción de AF (NTP 400.022)
- Material fino que pasa el tamiz N° 200 (NTP 400.018)
- Peso unitario y compactado (NTP 400.017)
- Diseño de mezclas método de ACI 211.
- Asentamiento Slump (NTP 339.035)
- Resistencia a compresión probetas cilíndricas (NTP 339.034)

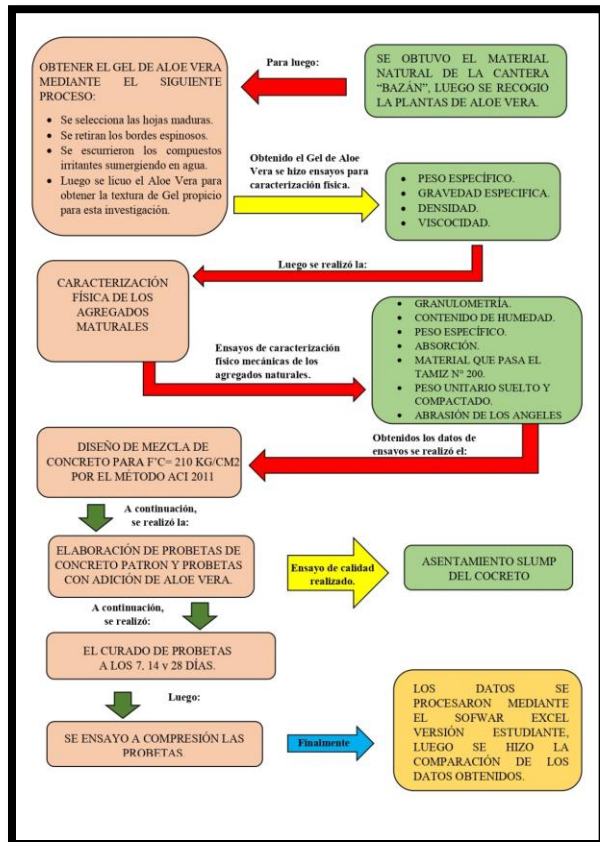


Fig. 1 Plan de trabajo para la caracterización de agregados naturales y gel de Aloe Vera.

III. RESULTADOS

TABLA I
LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.

Características de los agregados naturales	Agregados	
	AF	AG
Contenido de humedad (%)	3.72	2.54
Absorción (%)	3.75	2.61
Porcentaje que pasa el tamiz N°200 (%)	4.93	-
Peso unitario suelto (gr/cm3)	1.63	1.39
Peso unitario compactado (gr/cm3)	1.75	1.52
Módulo de finura	2.95	7.79
Tamaño máximo nominal (pulg)	-	1/2 "
Peso específico de la masa (gr/cm3)	2.44	2.55
Abrasión de los Ángeles (%)	-	29.02

TABLA 2
PROPIEDAD FÍSICO-MECÁNICA DEL GEL DE ALOE VERA.

Propiedad	Aloe Vera
Gravedad Especifica (gr/cm³)	1.00
Peso Específico (N/cm³)	9.26
Viscosidad (poises)	0.96

TABLA 3
CANTIDAD DE AGREGADOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DE 1M³ DE CONCRETO CON ADICIÓN DEL 10% ALOE VERA.

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD	Precio S/.
Cemento	387.10	kg	S/. 377.26
Agua	216.81	l	S/. 3.00
Agregado Fino	835.52	kg	S/. 125.75
Agregado Grueso	827.66	kg	S/. 113.18
Aloe Vera	21.68	l	S/. 57.16

Total Presupuesto	S/. 676.34
--------------------------	-------------------

TABLA 4
 CANTIDAD DE AGREGADOS UTILIZADOS PARA LA
 ELABORACIÓN DE 1M³ DE CONCRETO CON ADICIÓN DEL 15%
 ALOE VERA.

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD	Precio S/.
Cemento	387.10	kg	S/. 377.26
Agua	216.81	l	S/. 3.00
Agregado Fino	835.52	kg	S/. 125.75
Agregado Grueso	827.66	kg	S/. 113.18
Aloe Vera	32.52	l	S/. 85.74
Total Presupuesto			S/. 704.92

Datos de Resistencia a Compresión de testigos de concreto a los 7 días de curado.

TABLA 5
 RESULTADOS OBTENIDOS A 7 DÍAS DE CURADO, 10% Y 15%
 DE ADICIÓN DE GEL DE ALOE VERA.

N° Testigo	NT-PATRÓN	AV 10%	AV 15%
P-01	188.66	231.76	203.89
P-02	177.89	232.92	215.77
P-03	178.54	231.69	205.19
P-04	197.01	230.18	215.73
P-05	185.48	233.41	203.81
PROMEDIO	185.52	231.99	208.88
S=	7.89	1.25	6.30

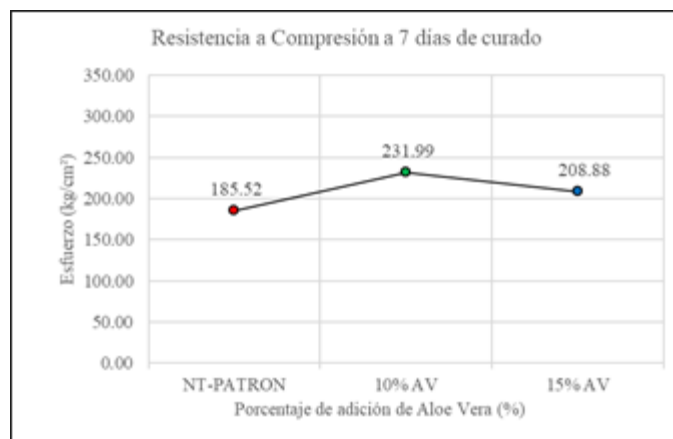


Fig. 2 Resumen de resultados a los 7 días de curado.

Datos de Resistencia a Compresión de testigos de concreto a los 14 días de curado.

TABLA 6
 RESULTADOS OBTENIDOS A 14 DÍAS DE
 CURADO, 10% Y 15% DE ADICIÓN DE GEL DE ALOE
 VERA.

N° Testigo	NT-PATRÓN	AV 10%	AV 15%
P-01	221.67	258.67	239.98
P-02	217.47	257.23	233.62
P-03	202.44	253.34	239.64
P-04	223.12	247.70	228.24
P-05	217.85	248.12	236.57
PROMEDIO	216.51	253.01	235.61
S=	8.23	5.05	4.86



Fig. 3 Resumen de resultados a los 14 días de curado.

Datos de Resistencia a Compresión de testigos de concreto a los 28 días de curado.

TABLA 7
RESULTADOS OBTENIDOS A 28 DÍAS DE CURADO, 10% Y 15% DE ADICIÓN DE GEL DE ALOE VERA.

Nº Testigo	NT-PATRÓN	AV 10%	AV 15%
P-01	236.05	285.89	268.95
P-02	243.62	299.69	261.10
P-03	235.97	299.16	259.99
P-04	245.31	298.20	279.45
P-05	246.11	300.13	274.91
PROMEDIO	241.41	296.61	268.88
S=	5.01	6.59	8.99

Nota. El 10% de gel mejora más la resistencia con una variabilidad de $S=6.59$, mientras que el 15% ofrece menor incremento y mayor dispersión ($S=8.99$).

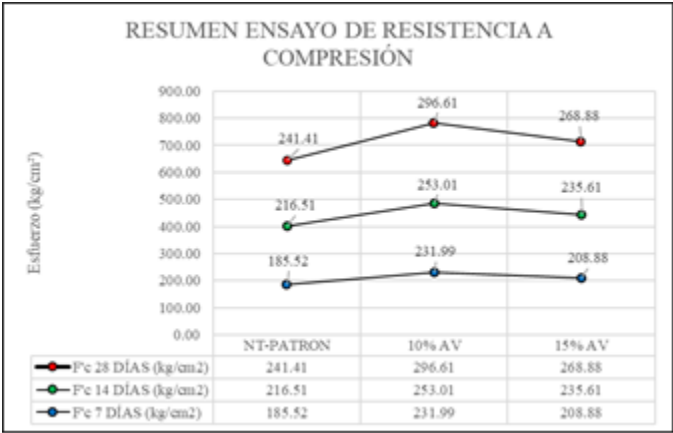


Fig. 4 Resumen de resultados a los 28 días de curado.



Fig. 5 Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con la adición de 10% y 15% de aloe vera a las diferentes etapas de curado

Análisis estadístico Prueba ANOVA (modelo paramétrico)
Planteamiento de hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): Las medias de los grupos NT-PATRÓN, AV 10% y AV 15% son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Al menos una de las medias es diferente.

Criterio para la comprobación de hipótesis.

- ✓ Si el valor p es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula (H_0).
- ✓ Si el valor p es menor o igual a 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a).

Resultados de la prueba ANOVA

TABLA 8
RESULTADOS DETALLADOS DEL ANÁLISIS ANOVA PARA LOS DATOS EXPERIMENTALES.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad (gl)	Media cuadrática (MS)	Estadístico F (F-ratio)	Significación (p-valor)	Descripción
Entre grupos	1678.019	2	839.0095	78.31	0.00000013	Variación entre los grupos debido a diferencias en los tratamientos.
Dentro de los grupos	10714.479	12	892.87325			
Total	12392	14				

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis ANOVA, indicando diferencias significativas entre los grupos evaluados.

Decisión tomada

Dado que el valor p es mucho menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H_0). Esto indica que existen diferencias significativas entre las medias de los grupos NT-PATRÓN, AV 10% y AV 15%.

Conclusión

Se observa que las diferencias en las medias entre los grupos no son producto del azar, lo que implica que la adición de gel de aloe vera, tanto al 10% como al 15%, influye significativamente en los valores obtenidos. Esto sugiere un impacto positivo del gel de aloe vera en las características evaluadas.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La presente investigación sobre la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210\text{ kg/cm}^2$, con la incorporación de 10% y 15% de gel de aloe vera (AV) en relación con el agua de mezcla, muestra resultados que evidencian el impacto positivo de este aditivo natural. En comparación con el diseño patrón (sin aditivos), las probetas con 10% AV alcanzaron una

resistencia máxima de 296.61 kg/cm² a los 28 días, lo que representa un incremento significativo en relación con el patrón (241.41 kg/cm²). Este comportamiento coincide con los hallazgos de [14], quienes reportaron que la adición de aloe vera en proporciones bajas (2%) aumentó la resistencia del concreto en un 26.31%, alcanzando 265.3 kg/cm² a los 28 días.

Sin embargo, se observa que al incrementar la proporción de AV al 15%, la resistencia a los 28 días disminuye a 268.88 kg/cm², aunque sigue siendo superior al diseño patrón. Esta tendencia podría explicarse por el efecto saturación que el gel de aloe vera puede tener sobre la matriz de concreto, afectando la hidratación y el fraguado. Esto coincide con las observaciones de [14], quienes determinaron que proporciones mayores al 2% no aportaron beneficios adicionales significativos, probablemente debido a una interferencia en la relación agua/cemento o a una segregación en la mezcla.

Por otro lado, en la presente investigación, los porcentajes evaluados fueron 10% y 15%, obteniendo una resistencia máxima de 296.61 kg/cm² con el 10% de AV, lo que representa un incremento del 22.9% en comparación con el diseño patrón (241.41 kg/cm²). Sin embargo, al aumentar la proporción al 15%, la resistencia disminuyó a 268.88 kg/cm², mostrando una tendencia similar a la observada por [15], donde porcentajes altos de AV afectaron negativamente las propiedades mecánicas del concreto. La variación más consistente entre ambas investigaciones radica en las diferencias en la proporción óptima de gel de aloe vera, influenciada por la composición del AV utilizado y las condiciones climáticas de la región. Mientras que en Trujillo un 2% fue suficiente para maximizar las propiedades mecánicas del concreto, en Cajamarca se requirió un 10% para alcanzar un desempeño óptimo. Esto evidencia la importancia de considerar las características locales y adaptar las proporciones del aditivo natural según las necesidades específicas del diseño del concreto.

Los resultados de esta investigación están influenciados por las condiciones específicas de Cajamarca, lo que podría limitar su aplicación en otras regiones con características diferentes. Además, garantizar la disponibilidad de gel de aloe vera en cantidades suficientes para proyectos a gran escala representa un desafío logístico y económico. El análisis se enfoca en la resistencia a la compresión a corto plazo (28 días), dejando abierta la necesidad de evaluar su comportamiento y durabilidad a largo plazo. Asimismo, factores como la calidad del gel, el agua utilizada y las condiciones de curado podrían influir en los resultados, lo que requiere un control riguroso. Por último, aunque los datos de laboratorio son prometedores, su implementación en proyectos reales podría presentar retos que demanden pruebas adicionales antes de su aplicación masiva en obras de construcción.

Se evaluaron las características físicas de los agregados, cuyos resultados se presentan en la Tabla 6, estas propiedades

se encuentran bajo los lineamientos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 400.037:2022, al igual que los valores obtenidos en la caracterización física del Aloe Vera ver tabla 7.

Los resultados obtenidos para todas las edades de curado (7, 14 y 28 días) muestran que la adición de gel de aloe vera mejora consistentemente la resistencia a la compresión del concreto en comparación con el patrón sin adición. A los 7 días, la resistencia aumentó de 185.52 kg/cm² en el patrón a 231.99 kg/cm² con un 10% de adición, representando un incremento del 25.04%, mientras que con el 15% se alcanzó una resistencia de 208.88 kg/cm², con un incremento del 12.60%. A los 14 días, el concreto con 10% de aloe vera mostró un aumento del 16.86% en comparación con el patrón, alcanzando 253.01 kg/cm² frente a los 216.51 kg/cm² del patrón, mientras que el 15% alcanzó 235.61 kg/cm². Finalmente, a los 28 días, el 10% de aloe vera logró la mayor resistencia, con 296.61 kg/cm², un aumento del 22.89% frente al patrón, mientras que el 15% alcanzó 268.88 kg/cm². Esto demuestra que el uso de aloe vera como aditivo mejora la resistencia a la compresión del concreto en todas las edades de curado, siendo más efectivo con una adición del 10%.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el porcentaje óptimo de adición de gel de aloe vera para maximizar la resistencia a la compresión del concreto es del 10% con respecto al agua de mezcla. Este porcentaje mostró un incremento significativo en todas las edades de curado evaluadas. A los 7 días, la resistencia pasó de 185.52 kg/cm² en el patrón a 231.99 kg/cm², un incremento del 25.04%. A los 14 días, el concreto con 10% de adición alcanzó 253.01 kg/cm², superando al patrón (216.51 kg/cm²) en un 16.86%. Finalmente, a los 28 días, el 10% de aloe vera logró la mayor resistencia registrada, con 296.61 kg/cm², lo que representa un aumento del 22.89% frente a los 241.41 kg/cm² del patrón. Por otro lado, aunque el 15% de adición también mejoró la resistencia en comparación con el patrón, mostró una ligera disminución en comparación con el 10%, confirmando que este último es el porcentaje más eficaz para optimizar la resistencia a la compresión del concreto.

La incorporación de gel de aloe vera como aditivo en el concreto con una resistencia de diseño de $f'_c = 210$ kg/cm² mostró mejoras significativas en la resistencia a la compresión, aunque con variaciones según el porcentaje utilizado. Con una adición del 10%, la resistencia alcanzó 296.61 kg/cm², representando un incremento del 22.89% respecto al patrón (241.41 kg/cm²), superando la hipótesis planteada de un aumento del 20%. En cambio, con un 15% de adición, la resistencia llegó a 268.88 kg/cm², lo que equivale a un incremento del 11.38%, menor al esperado. Esto evidencia que la proporción del 10% es la más eficiente para maximizar la resistencia, mientras que el 15%, aunque mejora respecto al patrón, no logra superar el rendimiento del 10%. Esto denota que el gel de aloe vera resulta ser un aditivo viable para optimizar las propiedades mecánicas del concreto, pero su

efectividad depende de un ajuste adecuado en las proporciones utilizadas.

V. REFERENCIAS

- [1] Hernández, F., Torres, J., & Ramos, R. (2020). Evaluación de la calidad del concreto en obras de infraestructura en Cajamarca. *Revista de Ingeniería Civil*, 15(1), 45-56.
- [2] Alva, E. R., Salazar, A. L., & Ruiz, P. (2021). Evaluación de los efectos del gel de aloe vera en la resistencia del concreto. *Materiales de Construcción*, 71(2), e234.
- [3] Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- [4] Gutiérrez, R. M., & Arredondo-Rea, S. P. (2016). Sustainable use of natural additives in concrete for the Latin American construction industry. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 4(3), 285-294.
- [5] Kumar, A., Singh, D., & Patel, R. (2019). Assessment of material quality in concrete production. *Journal of Construction Materials*, 27(2), 233-240.
- [6] Medina, J. A., & Rojas, P. R. (2022). Resistencia a la compresión y flexión del adobe compactado con adición de gel de aloe vera – Cajamarca 2022. Tesis de grado. Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/35019>.
- [7] Neville, A. M. (2010). *Properties of concrete* (5th ed.). Pearson Education.
- [8] Safiuddin, M., Gonzalez, M., & Tighe, S. L. (2018). Influence of recycled concrete aggregates and high-volume fly ash on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 192, 98-107.
- [9] Yuan, Y., Zhang, L., & Wang, H. (2021). Effects of Aloe Vera Gel on the Properties of Concrete. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125031.
- [10] Rodríguez, F., & Torres, A. (2020). Evaluación de la Resistencia del Concreto con Aditivos en Cajamarca, Perú. *Revista Peruana de Ingeniería*, 8(1), 30-38.
- [11] Castillo, R., Ramírez, J., & Salazar, M. (2019). Influencia de los Aditivos Naturales en las Propiedades del Concreto. *Revista de Ingeniería Civil*, 14(2), 15-23. <https://doi.org/10.1016/j.ri.2019.07.005>.
- [12] Pérez, J. (2022). Análisis de la Calidad del Concreto en Cajamarca: Un Enfoque en los Aditivos Naturales. *Revista de Materiales de Construcción*, 71(3), e213.
- [13] Robson, C. (2017). *Real world research: A resource for users of social research methods in applied settings* (4th ed.). Wiley.
- [14] Cárdenas, J. E., & Jesús, A. M. (2019). Diseño de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionando gel de aloe vera para mejorar la resistencia a la compresión, Tarapoto. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48873>.
- [15] Aburto, L. T., Salinas, P. M., & Martínez, R. G. (2018). Influencia del Aloe Vera sobre la resistencia a la compresión, infiltración, absorción capilar, tiempo de fraguado y asentamiento en un concreto estructural. Tesis de grado. Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/1887>. Norma Técnica Peruana (NTP) 339.034. (2014). Concreto. Requisitos. Instituto Nacional de Calidad. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2014). NTP 339.088: Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos (3ª ed.). Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – INDECOP