

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO
“BENEDICTO XVI”
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA
MACRACANTHA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE
UN CONCRETO SIMPLE, PIURA, 2025**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Br. Gil Adrianzén, Adolfo Antonio
<https://orcid.org/0000-0001-9373-1352>

ASESOR

MS. Bryan Emanuel, Cárdenas Saldaña
<https://orcid.org/0000-0001-7882-5916>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Infraestructura, edificaciones y construcción

TRUJILLO - PERÚ

2025

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura:

Yo, Ms. Bryan Emanuel, Cárdenas Saldaña con DNI N° 71475477, como asesor del trabajo de investigación titulado “CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE, PIURA, 2025”, desarrollado por el egresado Adolfo Antonio Gil Adrianzen con DNI N° 45574103 del Programa de estudios Ingeniería Civil; considero que dicho trabajo reúne las condiciones técnicas y científicas, las cuales están alineadas a las normas establecidas en el Reglamento de Estudiantes y de Grados y Títulos de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI” y en la normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por los jurados designados por la mencionada facultad.



Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
ING. CIVIL
R. CIP. N° 211074

Ms. Bryan Emanuel, Cárdenas Saldaña

DNI: 7147577

Asesor

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

EXCMO. MONS. GILBERTO ALFREDO VIZCARRA MORI, S.J.

Arzobispo Metropolitano de Trujillo

Gran Canciller

Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

DR. MARCOANTONIO PACHERRES TORREJÓN

Rector de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

DRA. SILVIA ANA VALVERDE ZAVALA

Vicerrectora Académica

DRA. GINA GENARA ZAVALA ESPEJO

Vicerrectora de Investigación

MG. HENRY ALEXANDER CHIPANA SALDAÑA

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

DRA. TERESA SOFÍA REATEGUI MARÍN

Secretaria General

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mi familia, por su apoyo constante y por inculcarme valores de esfuerzo y perseverancia a lo largo de mi formación académica.

De manera especial, dedico esta tesis a quienes creyeron en mí y me motivaron a continuar aun en los momentos de dificultad.

“La constancia transforma el esfuerzo en logro.”

Adolfo Antonio Gil Adrianzen

Autor.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Católica de Trujillo, por la formación académica recibida a lo largo de mi carrera profesional, así como por los conocimientos impartidos que hicieron posible el desarrollo de este trabajo de investigación.

De manera especial, expreso mi gratitud a mi asesora de tesis, por su orientación, acompañamiento académico y valiosas observaciones.

Finalmente, agradezco a mi familia por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante, fundamentales para alcanzar esta meta académica.

Adolfo Antonio Gil Adrianzen

Autor.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Adolfo Antonio Gil Adrianzen**, con **DNI N.º 45574103**, egresado del **Programa de estudios Ingeniería Civil** de la **Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”**, doy fe de que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos establecidos por la **Facultad de Ingeniería y Arquitectura** para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: **“CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO SIMPLE, PIURA, 2025”**, el cual consta de un total de **119 páginas**, incluyendo 24 tablas y 31 figuras y **32 páginas de anexos**.

Dejo constancia de la **originalidad y autenticidad** de la mencionada investigación y declaro, bajo juramento y en cumplimiento de los principios éticos, que el contenido del documento es **de mi exclusiva autoría** en cuanto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizo que los fundamentos teóricos están debidamente sustentados en fuentes bibliográficas, asumiendo la responsabilidad de cualquier omisión involuntaria en la citación de autores.

En este sentido, declaro/declaramos que el uso de herramientas de inteligencia artificial en el presente trabajo se ha limitado exclusivamente a la mejora de la redacción y corrección de errores gramaticales y sintácticos, sin que ello haya influido en la generación del contenido, análisis o interpretación de los resultados de la investigación.

Del mismo modo, reconozco que cualquier vulneración a los derechos de autor derivada del presente trabajo será de mi exclusiva responsabilidad, asumiendo las consecuencias académicas y legales que pudieran derivarse conforme a la normativa vigente.



El autor

Br. Adolfo Antonio Gil Adrianzen
DNI N° 45574103

ÍNDICE

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD	2
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	6
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. METODOLOGÍA.....	34
2.1. Enfoque, tipo	34
2.2. Diseño de investigación.....	34
2.3. Población y muestra	34
2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos.....	35
2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información.....	35
2.6. Aspectos éticos en investigación	65
III. RESULTADOS	67
IV. DISCUSIÓN.....	78
V. CONCLUSIONES.....	82
VI. RECOMENDACIONES	83
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Óxidos del cemento y su proceden de ejecución.....	24
Tabla 2. Requisitos granulométricos para el agregado fino.....	25
Tabla 3. Valores permisibles del agua para la mezcla.....	28
Tabla 4 Huso granulométrico del Agregado Fino.....	46
Tabla 5 Límites de Sustancias dañinas en el Agregado Fino.....	49
Tabla 6. Resistencia a la compresión promedio (F'_{cr}).....	59
Tabla 7. Asentamientos recomendados.....	59
Tabla 8. Relación agua-cemento y resistencia.....	60
Tabla 9. Volumen unitario de agua.....	60
Tabla 10. Contenido de aire atrapado.....	61
Tabla 11. Volumen de agregado grueso.....	61
Tabla 12. Resistencia a la compresión de Probetas Cilíndricas - Patrón.....	67
Tabla 13. Resistencia a la compresión de Probetas Cilíndricas - 4% (TU+AM).....	68
Tabla 14. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk - 4%(TU+AM).....	70
Tabla 15. Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas - 4% (TU+AM).....	70
Tabla 16. ANOVA de un factor para resistencia a la compresión - 4% (TU+AM).....	71
Tabla 17. Resistencia a la compresión de Probetas Cilíndricas - 6% (TU+AM).....	71
Tabla 18. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk - 6%(TU+AM).....	73
Tabla 19. Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas - 6% (TU+AM).....	73
Tabla 20. ANOVA de un factor para resistencia a la compresión - 6% (TU+AM).....	74
Tabla 21. Resistencia a la compresión de Probetas Cilíndricas - 8% (TU+AM).....	74
Tabla 22. Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk - 8%(TU+AM).....	76
Tabla 23. Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas - 8% (TU+AM).....	76
Tabla 24. ANOVA de un factor para resistencia a la compresión - 8% (TU+AM).....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Caserío Cajas Capsol para la recolección de las cenizas Tillandsia Usneoides.....	36
Figura 2 Árbol de Tillandsia usneoides	37
Figura 3 Recolección de las cortinas grisáceas de Tillandsia Usneoides	37
Figura 4 Proceso de incineración para obtener las cenizas de Tillandsia Usneoides	38
Figura 5 Obtención de las cenizas de Tillandsia Usneoides.....	39
Figura 6 Ubicación del Horno Artesanal para la recolección de las cenizas Acacia Macracantha.....	40
Figura 7 Recolección del Faique (Acacia Macracantha).....	40
Figura 8 Proceso de incineración para obtener las cenizas de Acacia Macracantha	41
Figura 9 Obtención de las cenizas de Acacia Macracantha.....	42
Figura 10 Ubicación de Cantera Cerro Mocho en el distrito de Ignacio Escudero, Sullana, Piura (obtención de Agregado Grueso)	43
Figura 11 Ubicación de Cantera Sojo en el distrito de Paita, Piura (obtención de Agregado Fino).....	44
Figura 12 Tamizado del Agregado Grueso	49
Figura 13 Tamizado del Agregado Fino	50
Figura 14 Lavado de los agregados luego del Tamizado.....	50
Figura 15 Secado en el horno de los agregados	51
Figura 16. Determinación del Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso.....	52
Figura 17. Determinación del Peso Específico del Agregado Grueso.....	53
Figura 18. Agregado Grueso en condición Saturado Superficialmente Seco	54
Figura 19. Determinación del Peso Específico del Agregado Fino con Picnómetro....	55
Figura 20. Determinación del Contenido de Humedad en Agregados	57
Figura 21. Ensayo de Asentamiento (Slump Test) del Concreto Fresco	63
Figura 22. Elaboración de probetas para ensayo de resistencia a la compresión	65
Figura 23. Ensayo de Resistencia a la Compresión en Prensa Hidráulica	65
Figura 24. Resistencia a la compresión Concreto - Patrón.....	67
Figura 25. Variación de la Resistencia a la compresión (Días) - Patrón	68
Figura 26. Resistencia a la compresión Concreto - 4% (TU + AM)	69
Figura 27. Variación de la Resistencia a la compresión (Días) - 4% (TU+AM)	69
Figura 28. Resistencia a la compresión Concreto - 6% (TU + AM)	72

Figura 29. <i>Variación de la Resistencia a la compresión (Días) - 6% (TU+AM)</i>	72
Figura 30. <i>Resistencia a la compresión Concreto - 8% (TU + AM)</i>	75
Figura 31. <i>Variación de la Resistencia a la compresión (Días) - 8% (TU+AM)</i>	75

RESUMEN

La industria del cemento es responsable del 8% de las emisiones globales de CO₂, situación que demanda la búsqueda de alternativas sostenibles en la construcción, especialmente en la región de Piura. Esta investigación contribuye al ODS 13 (Acción por el Clima) mediante la valorización de residuos vegetales como aditivos puzolánicos. El objetivo fue determinar la influencia de la ceniza de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha* en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025. Se adoptó enfoque cuantitativo con alcance explicativo y diseño experimental evaluando cuatro dosificaciones (patrón, 4%, 6%, 8% de cenizas vegetales) mediante ensayos normalizados NTP 339.034 a los 7, 14 y 28 días. Los hallazgos plasmaron que el concreto patrón alcanzó 219.58 kg/cm² a los 28 días. La dosificación del 4% logró 251.36 kg/cm² representando un incremento del 14.48%, el 6% alcanzó 267.72 kg/cm² (+21.92%), y el 8% obtuvo 249.44 kg/cm² (+13.60%) evidenciando decadencia respecto al 6%. El análisis ANOVA demostró que todas las dosificaciones presentan discrepancias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), siendo el 6% el que maximiza la resistencia a la compresión del concreto, confirmando la hipótesis y estableciendo una alternativa viable para la construcción regional.

Palabras claves: ceniza, *Tillandsia usneoides*, *Acacia Macracantha*, resistencia a la compresión, concreto.

ABSTRACT

The cement industry accounts for 8% of global CO₂ emissions, a situation that demands the search for sustainable construction alternatives, especially in the Piura region. This research contributes to SDG 13 (Climate Action) through the valorization of plant waste as pozzolanic additives. The objective was to determine the influence of *Tillandsia usneoides* and *Acacia macracantha* ash on the compressive strength of plain concrete, Piura, 2025. A quantitative approach with explanatory scope and experimental design was adopted, evaluating four dosages (control, 4%, 6%, 8% plant ash) through standardized NTP 339.034 tests at 7, 14, and 28 days. Results showed that the control concrete reached 219.58 kg/cm² at 28 days. The 4% dosage achieved 251.36 kg/cm², representing a 14.48% increase, 6% reached 267.72 kg/cm² (+21.92%), and 8% obtained 249.44 kg/cm² (+13.60%), evidencing decline compared to 6%. ANOVA analysis demonstrated that all dosages present statistically significant differences ($p < 0.05$), with 6% maximizing the compressive strength of concrete, confirming the hypothesis, and establishing a viable alternative for regional construction.

Keywords: ash, *Tillandsia usneoides*, *Acacia Macracantha*, compressive strength, concrete

I. INTRODUCCIÓN

El concreto, constituyendo el material de construcción de mayor uso en todo el mundo, es responsable de una gran cantidad de emisiones (CO_2), con un porcentaje del 8% según Rodgers (2018) y esto debido a la gran producción de cemento. Investigaciones previas han explorado la incorporación de residuos agroindustriales y vegetales como aditivos en el concreto, con resultados variables respecto de la mejora de su capacidad mecánica y de durabilidad. La *Tillandsia usneoides* y *acacia macracantha* han sido poco estudiadas en este contexto, y su potencial como aditivos sostenibles ofrece una oportunidad para la reducción del impacto ambiental de la construcción y mejorar la calidad del concreto.

La industria constructora tiene el desafío de producir materiales que integren durabilidad, eficiencia y sostenibilidad. Bajo este contexto, la adición de materiales innovadores que optimicen las características del concreto se ha convertido en una necesidad en expansión. (Babalu et al., 2023)

La *Tillandsia usneoides*, conocida comúnmente como "barba de viejo" y *acacia macracantha*, son plantas que, al ser incineradas, generan cenizas con potencial para ser usadas como aditivo en el concreto. Sin embargo, su efectividad en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto aún no ha sido completamente explorada. (Royal Botanic Gardens, 2016)

Muñoz et al. (2023) señalan que la construcción, el mantenimiento y la demolición de obras de ingeniería generan un exceso de residuos contaminantes que requieren una costosa eliminación. Esta problemática debe ser estudiada con el fin de buscar alternativas que contribuyan a mitigar dichos efectos ambientales y económicos. La acumulación de estos residuos no solo representa un impacto negativo en los ecosistemas, sino que también incrementa los costos operativos de las empresas constructoras. Por ello, resulta fundamental explorar el uso de materiales alternativos que permitan reducir la generación de desechos e impulsar métodos de construcción más sustentables.

La presente investigación evalúa el efecto de la ceniza de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha* en la resistencia a la compresión de un concreto simple. El estudio emplea proporciones equitativas (50% de cada tipo de ceniza) como sustituto parcial del cemento en mezclas para lograr un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Se busca determinar cómo estas cenizas de origen vegetal influyen en las propiedades mecánicas del concreto,

específicamente en su resistencia a la compresión, con el propósito de desarrollar alternativas constructivas más sostenibles y de menor impacto ambiental que respondan a la creciente demanda de materiales ecológicos en el sector constructivo.

Ante la problemática antes mencionada surge la siguiente interrogante de investigación como **problema General**, ¿Cuál es la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025?, presentando los siguientes **problemas específicos**, **1)** ¿Cuál es la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 4% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025? **2)** ¿Cuál es la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 6% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025? **3)** ¿Cuál es la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 8% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025?. Asimismo, como **hipótesis general** se tiene, Existe influencia significativa de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025, y como **hipótesis específicas 1)** Existe influencia significativa de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 4% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025. **2)** Existe influencia significativa de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 6% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025. **3)** Existe influencia significativa de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 8% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025.

El presente trabajo investigativo se justifica desde los ámbitos social, ambiental, teórico, práctico y metodológico. Desde la perspectiva social y ambiental, resulta imperativo impulsar la búsqueda de materiales sostenibles en la construcción, debido a la necesidad urgente de mitigar el impacto ambiental generado por esta industria. (Bach, 2023)

La creciente demanda de materiales de construcción más sostenibles ha motivado el desarrollo de investigaciones orientadas a la incorporación de materiales alternativos que mejoren el desempeño del concreto, al tiempo que disminuyan su huella ambiental. En este contexto, las cenizas de Tillandsia usneoides y Acacia macracantha, subproductos de origen vegetal, se presentan como una opción innovadora y aún poco explorada como

adición puzolánica en concreto simple. Su incorporación podría influir en el “F’c”, propiedad fundamental para garantizar el comportamiento estructural adecuado de los elementos constructivos, además de fomentar la valorización de residuos orgánicos.

Evaluar el efecto de estas cenizas vegetales en el “F’c” permitirá no solo determinar su viabilidad técnica como sustituto parcial del cemento, sino también identificar sus potenciales beneficios económicos y ambientales, particularmente en regiones como Piura, donde existe disponibilidad de estas especies. De esta manera, el presente estudio aspira a contribuir al avance del conocimiento científico en el campo de los materiales de construcción sostenibles, promoviendo prácticas más responsables y ambientalmente conscientes en la industria constructiva.

El objetivo general del presente estudio fue: Determinar la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025. Como parte de los **objetivos específicos**: **1)** Determinar la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 4% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025. **2)** Determinar la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 6% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025. **3)** Determinar la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 8% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025.

Como precedentes de la investigación en el **ámbito internacional**, se cuenta con los trabajos previos siguientes:

Por su parte, Núñez (2024) tuvo como objetivo analizar la resistencia a compresión entre hormigón simple y hormigón reemplazándolo parcialmente con ceniza de rastrojo de maíz. La metodología utilizada es de tipo experimental buscando la reducción del cemento ya que produce emanación de CO₂ en la fabricación, tomando alternativa un reemplazo parcial con este tipo de cenizas para la fabricación del hormigón simple, con el fin de incrementar la resistencia y así reducir la contaminación.

Se calcinó el rastrojo de maíz a T° controladas entre 500 a 750 grados centígrados, se obtuvo la ceniza, se elaboraron los ensayos para conocer las propiedades físico-mecánicas de los agregados, ceniza de rastrojo de maíz y el cemento, utilizando normas NTE INEN, se demostró que los materiales eran óptimos, a continuación, se calculó la dosificación para el hormigón simple y con 6, 8, 10 y 12 por ciento de ceniza. Se realizó

12 probetas para cada dosificación por intervalos de tiempo de 7, 14 y 28 días dándonos en total 60 probetas.

Se continuó con los ensayos a compresión de los especímenes cilíndricos anteriormente seleccionados a los 7, 14 y 28 días de curación, las probetas de hormigón con 6 por ciento de ceniza presentó resultados positivos a los 28 días pues alcanzó un $F'c = 256.77 \text{ Kg/cm}^2$ que supera la resistencia obtenida de hormigón simple de 246.00 Kg/cm^2 , en contraste, la resistencia del 8, 10 y 12% con valores de 210.93, 207.27, 206.89 Kg/cm^2 respectivamente, tuvo una disminución significativa, estos valores no alcanzan al límite inferior de resistencia de diseño de 228 Kg/cm^2 . Se comprobó que conforme aumenta el porcentaje de ceniza, la resistencia del hormigón decrece.

Por otro lado, en Colombia, Muñoz et al. (2024) en su investigación se propusieron como objetivo la revisión bibliográfica actualizada del uso, efecto e influencia de las cenizas volantes en el hormigón. La metodología utilizada fue la revisión y análisis bibliográfico de 80 artículos indexados en ScienceDirect, IOPscience, Scielo, Ebsco, Scopus, SpringerLink, ProQuest, Dialnet y Semantic Scholar, cuya antigüedad de publicación no superaba los 7 años. Se revisaron las metodologías y diseños para la obtención de los porcentajes óptimos del 5, 10 y 15%, analizando principalmente los resultados obtenidos cuando se utilizan cenizas volantes en el hormigón. Finalmente, de acuerdo con el análisis efectuado, se determinó que las cenizas volantes permiten una mejora en el desempeño mecánico y físico del hormigón, y que la dosificación óptima es del 10% en sustitución del cemento Portland ordinario aplicado en un hormigón simple.

Gaikwad & Sathe (2023) realizaron una revisión sistemática sobre el efecto de la ceniza volante en el $F'c$ del concreto reforzado. En relación con la resistencia a la compresión, los autores analizaron más de 100 artículos técnicos y determinaron que la adición de ceniza volante frecuentemente conduce a una pérdida de resistencia a edades tempranas; sin embargo, a medida que aumenta el período de curado, el $F'c$ con ceniza volante se incrementa y puede incluso superar la del concreto convencional. La revisión evidenció que el $F'c$ del concreto con ceniza volante aumenta significativamente al incrementar la temperatura de curado entre 20°C y 40°C durante 3-28 días, aunque este aumento es menor a 60°C y prácticamente nulo a 80°C . Los estudios revisados indicaron que el contenido óptimo de sustitución de cemento por este tipo de cenizas varía según las condiciones específicas: reemplazos del 10% al 20% mostraron resistencias superiores o equivalentes al concreto de control a los 28 días de curado, mientras que reemplazos

superiores al porcentaje óptimo resultaron en disminuciones significativas de la resistencia debido al incremento efectivo de la relación a/c.

Babalu et al., (2023) investigaron la resistencia a la compresión del concreto con alto volumen de ceniza volante (HVFA), desarrollando seis mezclas con reemplazos de cemento del 0%, 30%, 40%, 50%, 60% y 70% por ceniza volante. Las pruebas se realizaron en cubos de 150 mm siguiendo la norma IS 516:1959, evaluando especímenes a 3, 7, 28, 56 y 90 días de curado. Los hallazgos demostraron que la mezcla con 30% de ceniza volante (M303) alcanzó el F'_c más alto con 46 N/mm² a los 90 días, representando un incremento del 20.35% respecto a la mezcla de control (38.22 N/mm²). Sin embargo, incrementar el contenido de ceniza volante más allá del 30% redujo significativamente la resistencia: las mezclas con 40%, 50%, 60% y 70% mostraron reducciones de 1.17%, 3.50%, 8.13% y 23.46% respectivamente a los 90 días. Los autores atribuyeron esta disminución a la falta de hidróxido de calcio disponible cuando se incorporan altos volúmenes de ceniza volante, aunque reconocieron que la reacción puzolánica a edades posteriores genera gel C-S-H que mejora las propiedades del concreto hasta un límite óptimo del 30%.

En un estudio realizado en Brazil, Gonçalves et al. (2021), su objetivo principal consistió en evaluar la adición de cenizas de biomasa vegetal, chips de eucalipto (ECA), cenizas de bagazo de caña de azúcar (SCBA) y cenizas de cascarilla de arroz (RHA), como material cementante suplementario en morteros mixtos de cemento portland, considerando sus propiedades y desempeño mecánico. Estudio experimental con sustituciones parciales del 15% y 30% del cemento Portland. Se aplicaron tratamientos previos (tamizado y molienda) a las cenizas y se analizaron sus propiedades físicas, químicas y puzolánicas. Las muestras de mortero fueron evaluadas a pruebas en estado fresco y endurecido (F'_c). Como conclusión se obtuvo que las cenizas, especialmente la de cáscara de arroz (RHA), mostraron buena reactividad y mejor desempeño mecánico al 15% de sustitución. Las de eucalipto y bagazo también resultaron viables como materiales de relleno por su efecto de compactación. Y se recomienda la incorporación de hasta 15% de cenizas de biomasa vegetal como sustituto del cemento parcial en morteros no estructurales, considerando su contribución mecánica, económica y ambiental. Se sugiere investigar mezclas combinadas y uso de aditivos para reducir la porosidad.

Según Rodríguez & Tibabuzo (2020) en Colombia, realizaron un estudio con la finalidad de analizar el uso de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) como aditivo suplementario al cemento en mezclas de concreto. Para ello, se aplicó un enfoque experimental basado en herramientas cuantitativas que permitieron evaluar diversas propiedades físico-mecánicas tanto del concreto convencional como del modificado con CCA. El estudio se sustentó en la observación detallada, el análisis de datos y la interpretación de variables obtenidas durante los ensayos. Como resultado se determinó que, bajo condiciones de quema controlada, la CCA produce una ceniza con un alto contenido de sílice, un compuesto con notable actividad puzolánica que favorece la formación de productos cementantes, lo cual contribuye a mejorar el “F’c” una vez fraguado. Los resultados mostraron que las deformaciones verticales se incrementaron en todas las probetas cilíndricas, mientras que las deformaciones horizontales fueron más pronunciadas en la mezcla que contenía un 15% de CCA. No obstante, estas observaciones no permiten establecer de manera concluyente la relación de Poisson, ya que los ensayos se realizaron con una carga correspondiente al 60% de la resistencia máxima, medida a los 7 días de curado. Como conclusión la de preparación de la ceniza, se destaca que esta no fue sometida a etapas previas de secado ni tamizado, lo cual influyó en su granulometría y en el contenido de humedad, afectando la homogeneidad de la mezcla. Esto pone de manifiesto la necesidad de aplicar procesos como la molienda, el tamizado y el secado, con el fin de obtener partículas con características físicas comparables a las del cemento, que permitan una reacción química eficiente. Finalmente, se observó que las mezclas con un 3% y un 5% de CCA presentaron un “F’c” ligeramente inferior respecto al concreto de referencia, con diferencias de aproximadamente 2% y 1%, respectivamente.

En el contexto nacional por su parte García et al. (2023) evaluaron la influencia de la ceniza de madera residual de hornos artesanales sobre la resistencia a la compresión del concreto estructural en Chiclayo, Perú. Utilizaron ceniza de madera Copaiba como adición (8%, 12% y 16%) respecto al peso del cemento, con una resistencia objetivo $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y relación a/c de 0.45 según ACI 211.1. Los hallazgos exhibieron que la adición de 8% de ceniza de madera generó el mejor desempeño mecánico a 28 días, logrando 308.73 kg/cm^2 , lo que representa un incremento significativo de 9.04% respecto a la muestra de diseño (288.13 kg/cm^2). En contraste, las dosificaciones de 12% y 16% redujeron la resistencia en 0.58% y 9.31% respectivamente. El análisis ANOVA confirmó

diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), estableciendo que 8% es la dosificación óptima. Los autores concluyeron que esta adición constituye una alternativa técnicamente viable y sostenible para la construcción civil.

Correa et al. (2023) en su artículo revisión sistemática de las propiedades físico-mecánicas del hormigón con la incorporación de ceniza de madera. Realizado en la Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú. Cuyo propósito fue efectuar un análisis bibliográfico acerca de las consecuencias derivadas del empleo de cenizas de madera como elemento constitutivo del concreto, con el fin de establecer sus características mecánicas y su desempeño. El método utilizado consistió en el examen de 80 publicaciones arbitradas e indexadas en Scopus, Ebsco y Science Direct. Posteriormente, las palabras claves fueron: “concrete and wood ash, replacement of cement with wood ashes, percentages of wood ash in concrete.” A partir de dicho análisis se determina que el uso de cenizas de madera proporciona mejores características físico-mecánicas cuando se incorpora en materiales como el concreto; no obstante, los porcentajes óptimos se sitúan entre 5 y 15%, ya que en estas proporciones se ha logrado alcanzar un aumento del 76% en el “F’c” en relación con el concreto de referencia.

Ruiz y Yupanqui (2022), en su estudio realizado en Ayacucho, determinaron la influencia de la incorporación de ceniza de cabuya en diferentes porcentajes (1%, 3% y 5%) sobre las propiedades del concreto con resistencia de diseño de 210 kg/cm². El estudio fue de tipo aplicado, nivel explicativo, enfoque cuantitativo y diseño cuasiexperimental. Se elaboraron 36 probetas cilíndricas: 12 sin adición y 24 con diferentes porcentajes de ceniza de cabuya, las cuales fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días de curado para evaluar el “F’c”. Los resultados demostraron que la capacidad a a compresión mejora significativamente con la adición de ceniza de cabuya, siendo la dosificación del 1% la que presentó el mejor comportamiento mecánico, alcanzando una resistencia de 469.93 kg/cm² a los 28 días de edad, valor superior al obtenido por el concreto convencional. Este estudio evidencia el potencial de las cenizas vegetales como adiciones puzolánicas lograr mejoras en el “F’”.

Los autores Coronel et al. (2021) en su trabajo Cenizas y fibras utilizadas en la elaboración de concreto ecológico: una revisión de la literatura, realizada en Perú, tuvo como objetivo realizar una revisión sistemática sobre la utilización de las cenizas y fibras para la elaboración de concreto ecológico. La metodología consistió en la revisión de 56 artículos indexados con una antigüedad de publicación de 7 años, desde el 2015 hasta el

2021, los cuales están distribuidos en las siguientes bases de datos 23 artículos en Scopus, 4 en EBSCO host, 9 en Scielo, 6 en Proquest, y 16 ScienceDirect, n los que se reconoció el empleo de cenizas como bagazo de caña de azúcar, cáscara de arroz y cenizas volantes; así como fibras de aserrín, corteza de plátano, acero, polipropileno, vidrio y caucho. En síntesis, se pudo constatar que representan opciones factibles para la elaboración de materiales y/o productos sostenibles mediante el uso de cenizas y fibras, las cuales son de suma importancia, ya que tienen características destacables como ser fuertes, livianas, económicas y ecológicas, en tanto se evidencio que las cenizas como las fibras influyen en la resistencia yendo desde 231 hasta 700 kg/cm².

Por su parte Bautista (2024), en su tesis titulada "Mejoramiento de las propiedades del concreto $f'c = 280$ kg/cm² sustituyendo ceniza de faique (*Acacia macracantha*), Av. Mártires de Uchuraccay, Cajamarca, 2023" desarrollada en Chiclayo, evaluó los efectos de la sustitución del cemento tipo I por cenizas de faique en proporciones del 5%, 10% y 15%. El objetivo fue mejorar la trabajabilidad y el "Fc" utilizado en pavimentos de la Av. Mártires de Uchuracay, Cajamarca. Metodológicamente y cuantitativa, se realizaron ensayos a 7, 14 y 28 días. Los hallazgos evidenciaron que la adición de un 15% de cenizas de faique permitió alcanzar resistencias de 406.7 kg/cm² a la compresión y 64.0 kg/cm² a la flexión a los 28 días, superando al concreto convencional.

Este estudio guarda estrecha relación con la presente investigación, ya que ambos exploran el uso de materiales vegetales como aditivos puzolánicos para mejorar las propiedades del concreto. Sin embargo, el presente trabajo propone el uso combinado de cenizas de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha*, lo que representa un enfoque innovador al evaluar la sinergia entre dos tipos de biomasa como sustitutos parciales del cemento.

Angaspilco et al. (2021) realizaron una revisión sistemática sobre el uso de cenizas de carbón (CDC) como aditivo en el cemento para optimizar la resistencia a la compresión del concreto. Los hallazgos principales indicaron que el "F'c" promedio a los 28 días varió según el porcentaje de CDC incorporado: el concreto convencional alcanzó 221 kg/cm², con 2.5% de CDC fue 223 kg/cm², con 5% fue 231 kg/cm², con 10% descendió a 200 kg/cm², y con 15% disminuyó a 192 kg/cm². Este comportamiento demuestra que existe un rango óptimo de incorporación. El estudio determinó que las CDC utilizadas en proporciones menores al 10% como sustituto parcial del cemento mejoran la resistencia del concreto, siendo el rango de 3% a 6% el más efectivo para

optimizar la resistencia sin necesidad de aditivos adicionales. Los autores concluyeron que el uso controlado de cenizas de carbón constituye una opción sostenible que combina el reciclaje de residuos industriales contaminantes con la mejora de la capacidad mecánica del concreto, contribuyendo a disminuir la huella ambiental del sector constructivo.

Caruajulca Vásquez, Edilberto y Rojas Tucunango, Marcos (2024), en su tesis titulada “Diseño de pavimento rígido utilizando un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo parcialmente el cemento por ceniza de faique para la vía de acceso a la Universidad Autónoma de Chota – Cajamarca”, desarrollada en la UCV – Filial Chiclayo, evaluaron el comportamiento físico y mecánico del concreto al reemplazar parcialmente el cemento por cenizas de *Acacia macracantha* (faique) en proporciones variables. Metodológicamente aplicada y diseño cuasiexperimental, y se enfocó en determinar propiedades como el “F’c” y abrasión en edades de 7, 14 y 28 días. Los hallazgos mostraron que una sustitución del 5% de ceniza de faique optimizó el “F’c”, mientras que el 10% fue más eficiente frente a la abrasión.

Por otra parte Céspedes Mejía, Juan Isai (2023), en su tesis titulada "Evaluación del rendimiento mecánico del concreto, reemplazando parcialmente el cemento por cenizas de madera faique", presentada en la USS – Pimentel, realizó una investigación experimental y aplicada con el propósito analizar las propiedades del concreto al reemplazar parcialmente el cemento tipo I por cenizas de madera de *Acacia macracantha* (faique) en porcentajes de 4%, 7%, 10% y 13%, en mezclas con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Se evaluó la resistencia a la compresión. El estudio determinó que una sustitución del 10% fue óptima, logrando 362.55 kg/cm^2 .

Esta investigación resulta altamente relevante para el presente estudio, ya que demuestra el potencial de la ceniza de faique como aditivo puzolánico. No obstante, la presente investigación propone una innovación adicional: el uso combinado de cenizas de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha* en proporciones equitativas, lo cual representa un enfoque inédito que busca ampliar los beneficios sostenibles en la producción de concreto.

Finalmente, en el contexto local encontramos a los autores siguientes, En el estudio realizado en Piura por Huachez & Sondor (2023) se propusieron como objetivo mejorar las propiedades mecánicas del concreto $f'c 280 \text{ kg/cm}^2$, utilizando el tallo del bambú para posteriormente convertirlo en ceniza y reemplazar la arena gruesa, la cual

será remplazada en proporciones que se tienen que calcular mediante un diseño de mezcla. La metodología del estudio fue experimental donde se elaboró una mezcla patrón de concreto y se midió su resistencia en los 7 primeros días de elaborado el concreto. También se medó la resistencia del mismo en el día 14 y en el día 28, de esta manera se obtuvo una base de datos constituida de información real y confiable. Asimismo, se elaboró un concreto adicionando el 10%, 20% y 30% de ceniza de tallo de bambú, al cual se le midió su resistencia el día 7, en el día 14 y en el día 28 respectivamente; para poder comparar los datos obtenidos tanto del patrón como de la mezcla con adición de ceniza. Como conclusión se pudo conocer que las cenizas de tallo de bambú si pueden sustituir el agregado fino en proporciones del 10% hacia abajo, ya que dichas cenizas contienen propiedades, que también están contenidas en el cemento y eso lo hace compatible para la fabricación de un concreto de resistencia 280kg/cm².

Por su parte, Sánchez (2023) en su investigación acerca del uso de cenizas de hojas de banano como adición para optimizar las características del concreto de 210 kg/cm². El propósito central fue identificar de qué manera impacta incorporar estas cenizas en los atributos físicos y mecánicos del concreto de 210 kg/cm². Para conseguirlo, aplicó un método experimental elaborando 36 especímenes de concreto con dosis de 5, 10 y 15% de ceniza, contrastándolas con una mezcla testigo. Los hallazgos evidenciaron un desempeño favorable tanto físico como mecánico, registrando niveles apropiados de consistencia, temperatura y densidad, satisfaciendo los requerimientos normativos de resistencia a la compresión, rebasándola inclusive hasta en un 142.23%, sumado a la reducción de costos. El autor concluyó que incorporar cenizas de hojas de banano incide favorablemente en los atributos físicos y mecánicos del concreto de 210 kg/cm².

Vilcherrez & Zapata (2022) en su trabajo de grado se propusieron como objetivo principal determinar cuáles son los efectos del uso de nano cenizas de hojas de plátano reciclada en el comportamiento del concreto. Metodológicamente cuasi experimental, de naturaleza aplicada y alcance explicativo. El concreto de referencia logró a los 28 días un $f'c$ 234.10 kg/cm². Al incorporar 5%, 10% y 15% de este tipo de cenizas, los valores de la capacidad compresiva fueron de 217 kg/cm², 189.4 kg/cm² y 112.10 kg/cm² respectivamente. Se registró un asentamiento de 4.13", 4.43" y 5.08" y temperaturas de 26.17°C, 25.83°C y 25.50°C. Como conclusión se determinó que la incorporación de nano cenizas de hojas de plátano sí incide en el desempeño del concreto.

En cuanto a las **bases teóricas** que dan soporte al estudio en cuestión:

El Concreto

De acuerdo con Castillo (2013), el concreto consiste en una combinación de cemento portland, agregados finos y gruesos, y aire en proporciones apropiadas para lograr resistencia. Al producirse la reacción entre el cemento y el agua, se genera una pasta que une las partículas de los agregados formando una masa heterogénea. Ocasionalmente, se incorporan componentes que optimizan las características del concreto, conocidos como aditivos.

Componentes Del Concreto

Al respecto, Rivva (2007) afirma que el concreto se elabora mediante un diseño de mezcla que contempla la selección de los componentes disponibles y sus proporciones, con el fin de obtener materiales que posean la trabajabilidad, resistencia, durabilidad y estabilidad volumétrica necesarias. Las características requeridas para su producción están condicionadas por la zona climática, los sistemas constructivos, así como el tiempo y costo de la obra.

Cemento Portland

Castillo (2013) define el cemento como un aglomerante que posee propiedades de adherencia y cohesión, combina fragmentos minerales entre sí para formar una masa compacta. Este material experimenta una reacción gradual con el agua para desarrollar resistencia mecánica. El cemento se produce a partir de rocas arcillas y calizas con elevado contenido de sílice y alúmina, las cuales son trituradas finamente y sometidas a calentamiento en hornos industriales a temperaturas que oscilan entre 1250°C y 1900°C. Durante este procedimiento se evapora el agua libre, se libera CO₂ y por último se produce la fusión del 20% al 30% del material, momento en el cual la cal, sílice y alúmina se integran y solidifican durante el enfriamiento, producto denominado "Clinker".

Tabla 1

Óxidos del cemento y su proceden de ejecución.

Proporción	Componente químico	Procedencia usual
95%	(CaO)	Rocas calizas
	(SiO ₂)	Areniscas
	(Al ₂ O ₃)	Arcillas
	(Fe ₂ O ₃)	Mineral de hierro, Arcillas y pirita.
5%	MgO, Na, K, Ti, S, P, Mn	Minerales varios

Agregados

Agregado fino

Según NTP 400.037 (2018), el agregado fino “es aquel que proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, deben de estar libres de partículas perjudiciales de polvo, materia orgánica, sales u otra sustancia dañina”.

Agregado grueso

Está compuesto por grava triturada con partículas angulares o natural, caracterizadas por su resistencia al aplastamiento y la ausencia de elementos blandos; su trabajo principal es dar volumen y ayudar a la resistencia. De igual manera, tiene que cumplir con el tamaño de partículas que indica la NTP 400.037 (2018) o la norma ASTM C33.

Características de los agregados

A. Granulometría

Se refiere a la distribución dimensional de las partículas del agregado, determinada a través de la granulometría sobre un espécimen representativo. Respecto al agregado fino, se recomienda atender las siguientes consideraciones:

- Es preferible una granulometría continua cuyos valores retenidos se sitúen entre las mallas N° 4 y N° 100.
- El porcentaje acumulado en dos tamices de tamaños sucesivos no debe exceder el 45%.

- El módulo de fineza de las arenas debe oscilar entre valores mayores a 2.3 y menores a 3.1, permitiendo así optimizar la trabajabilidad y la resistencia a la compresión. Las arenas que tienen módulo de finezas entre 2.2 y 2.8 producen un concreto de buena trabajabilidad; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son más favorables para concretos de alta resistencia. (Castillo, 2013)

Tabla 2.

Requisitos granulométricos para el agregado fino

Malla	% Que pasa
3/8"	100
N°4	95 a 100
N°8	80 a 100
N°16	50 a 85
N°30	25 a 60
N°50	10 a 30
N°100	2 a 10

Los datos presentados en la Tabla 2 indican los rangos granulométricos expresados en porcentajes de agregado que atraviesa cada tamiz. Respecto a los agregados gruesos, estos deben ajustarse a los rangos especificados en la NTP 400.037 (2018), para lo cual es necesario determinar:

- El máximo tamaño: definido como el tamiz de menor abertura por el cual transita la totalidad del material.
- El tamaño máximo nominal: es aquel que corresponde al tamiz de menor tamaño de la serie utilizada, en donde, se produce la primera retención de mezcla entre 5% y 10% (NTP 400.022, 2013).

B. Peso específico (densidad relativa)

De acuerdo con la NTP 400.017 (2011), se define como la relación entre el peso de un material y el peso del agua a cierta temperatura. Normalmente, los valores de densidad del agregado están entre 2.4 y 2.9.

$$\text{Densidad relativa} = A / (B - C)$$

Donde:

- A: Masa del espécimen secado en horno, expresada en g.
- B: Para el agregado fino, corresponde a la masa del espécimen en estado saturado superficialmente seco más el agua hasta la marca de calibración, en g.
- B: Para el agregado grueso, representa la masa del agregado en condición saturada superficialmente seca, en g.
- C: Masa o V° del agua contenida en el agregado fino, expresado en cm³.
- C: Para el agregado grueso, corresponde a la masa del espécimen saturado superficialmente seco e inmersa en agua, en g

C. Absorción

La NTP 400.022 (2013), menciona que la absorción se define como el aumento en la masa de agregados cuando el agua penetra en los poros dentro de un cierto período de tiempo, pero no incluye el agua que se adhiere a la superficie externa de las partículas, expresada como un porcentaje de la masa de agregado seco (NTP400.017, 2011)

$$\text{Absorción \%} = (S - A / A) \times 100$$

Donde:

- A: Masa del espécimen secado en horno, expresada en g.
- S: Peso del espécimen húmedo con superficie seca, en g.

D. Contenido de humedad

En la NTP 339.185 (2013), se define a la humedad que no es susceptible a evaporación que poseen tanto el agregado grueso como el agregado fino. Resulta indispensable determinar esta característica con el fin de efectuar correcciones en la dosificación del agua efectiva en los diseños de mezclas.

$$P = (W - D / D) \times 100$$

Donde:

- P: Contenido húmedo evaporable del espécimen, expresado como porcentaje.
- W: Masa del espécimen bajo condición saturada superficialmente seca, en gramos.
- D: Masa del espécimen en condición seca, en gramos.

- E) Módulo de finura

Este parámetro permite cuantificar la relación existente entre agregados finos y gruesos en las combinaciones de concreto. Se determina mediante el ensayo granulométrico.

$$MF = \sum \% \text{ de retenido acumulado en tamices} / 10$$

F) Peso suelto unitario y compactado

De acuerdo con la NTP 400.017 (2011), corresponde a la masa por unidad de V° de los agregados, considerando tanto el V° de las partículas como el volumen de los espacios vacíos entre ellas, y se expresa en kg/m³. También conocidos como pesos volumétricos, los valores típicos de un agregado para la fabricación de concreto convencional oscilan entre 1 200 kg/m³ y 1 760 kg/m³. (ACI 211, 2001)

$$M = (G - T) / V$$

Donde:

- M: Peso unitario del agregado (kg/m³)
- G: Masa del espécimen original (kg)
- T: Masa del recipiente (kg)
- V: V° del recipiente (m³)

E. Agua

El agua representa un elemento de gran relevancia en la producción de concreto, debido a que se relaciona con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido (Castillo, 2013). Por lo tanto, el agua que se use debe estar limpia, sin impurezas ni sustancias dañinas como ácidos, aceites, sales, materiales orgánicos y otros componentes que puedan perjudicar al concreto o al acero de refuerzo. La NTP 339.185 (2013) establece los límites máximos permitidos de los elementos presentes en el agua para preparar mezclas de concreto.

Tabla 3.

Valores permisibles del agua para la mezcla

Sustancias Disueltas	Límites Permisibles
Iones cloruro	300 ppm
Iones sulfato	300 ppm
Compuestos de magnesio	150 ppm
Total de sales solubles	1500 ppm
Nivel de pH	Mayor de 7
Partículas en suspensión	1500 ppm
Sustancias orgánicas	10 ppm

En situaciones donde se requiera utilizar agua de calidad no comprobada en la dosificación del concreto, resulta necesario confeccionar especímenes cúbicos de mortero con esta agua, los cuales deberán exhibir al menos el 90% de la resistencia obtenida en los especímenes fabricados con agua potable.

Diseño de mezclas de concreto

Para la elaboración de concreto es necesario utilizar materiales de calidad, empezando por el agua con el pH adecuado, los agregados limpios, el cemento con los materiales silíceos-aluminas adecuados en su proporción. Además, se necesita las proporciones de cada componente deben guardar relación con las propiedades físicas y mecánicas que se quiere obtener, también es un factor muy importante la economía del diseño de mezcla (Huanca, 2006).

Propiedades del concreto

Propiedades Físicas.

A. Temperatura

Temperatura del concreto La colocación del concreto en grandes volúmenes requiere de medidas para controlar la generación del calor generado por la hidratación del cemento, esto se puede disminuir con la utilización de concretos de bajo contenido de aluminato y silicato tricálcicos (Rivva, 2007). La T° del hormigón resulta de la temperatura de cada uno de sus materiales constituyentes. Adicionalmente, de acuerdo con la normativa del ACI 306R-88 (2002), se requiere que el concreto presente una temperatura no menor a 21 °C, parámetro que asegura su protección contra fenómenos de congelamiento cuando se vierte en ambientes de bajas temperaturas.

B. Trabajabilidad

La trabajabilidad corresponde a la consistencia de la mezcla, propiedad que puede evaluarse a través de la prueba de slump con el cono de Abrams. En situaciones donde la mezcla presenta excesiva sequedad, se complican los procesos de colocación y compactación del concreto, además de que las partículas de mayor granulometría se segregan de la mezcla. Cabe señalar que el ensayo de asentamiento no es viable en mezclas de concreto excesivamente secas.

C. Exudación.

Es un tipo de separación que pasa cuando el agua de la mezcla sube hacia la superficie. Esto sucede después de vaciar el concreto en el encofrado; la acumulación de agua en la parte de arriba crea más poros y reduce la resistencia del concreto cuando endurece. La rapidez con que el agua sube aumenta cuando sube la temperatura. La exudación puede ser causada por: mala proporción de agregados, tamaño de partículas inadecuado, exceso de agua, temperatura o el uso de aditivos.

Propiedades mecánicas.

A. Resistencia a la compresión.

Es un valor que sirve para hacer el control de calidad y así se puede aprobar su uso en obra. Para hacer las pruebas se sigue las normas (Moldeado y Curado de Especímenes de Concreto [ASTM C192], (2014) y (Práctica para la preparación y curado en obra de probetas [ASTM C31], (2003); las cuales indican que las probetas deben tener 6" de ancho por 12" de alto. Para la prueba de resistencia a la compresión la velocidad con que se aplica la carga debe ser mayor a 2.40 kg/cm²/s, y las pruebas tienen que hacerse como mínimo en más de 2 probetas.

Definición de términos básicos

Agregados

Estos materiales deben ser muestreados y realizar los muestreos para garantizar la calidad de estos, estos materiales probablemente sean mineralógicamente de sílice o calcita, los tamaños deben ser clasificados en planta a fin de cumplir los requisitos de calidad.

Cemento

Son materiales, que son obtenidos de la calcinación de materiales de arcilla y calcita, que son llamados Clinker, al ser molidos y se mezclan en hornos con yeso, para tener propiedades anti-retracción cuando fragüen.

Durabilidad

La capacidad del concreto de resistir condiciones ambientales adversas, como los cambios térmicos, humedad y materiales corrosivos, sin perder sus propiedades.

Normas aplicadas al concreto

Agregados para concreto, NTP 400.037, 2013 NTP basada en la ASTM C 33/C33M.

Esta norma define los requisitos del tamaño de las partículas que deben tener tanto los agregados finos como los gruesos, aspectos que indicarán si los agregados son adecuados para usarse en el diseño de concreto.

Concreto. Agua de mezcla en la fabricación de concreto de cemento Portland. Requisitos, NTP 339.088, 2014

La NTP 339.088 (2014) desarrolla los requisitos relativos a la composición del agua que se utilizará en la producción de concreto. Del mismo modo, identifica las fuentes admisibles de agua y regula la periodicidad de los ensayos destinados al control de calidad del agua.

Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, (NTP 400.022, 2013)

Este procedimiento técnico permite obtener la cantidad de elementos del material fino, su peso específico y su capacidad de absorción. Mediante estos valores, es posible calcular el espacio que ocupará este componente en la mezcla del concreto.

Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, (NTP 339.185, 2013)

El método que permite determinar el porcentaje total de la humedad evaporable de los agregados por secado. Además, los resultados alcanzados, permiten corregir proporciones del diseño de mezclas. (NTP 339.185, 2013)

Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas, (NTP 339.034, 2015).

Ceniza de Tillandsia Usneoides

La ceniza de Tillandsia usneoides es el residuo obtenido a partir de la combustión controlada de esta planta epífita, rica en óxidos minerales como sílice (SiO₂), calcio (CaO), magnesio (MgO) y aluminio (Al₂O₃). Estos componentes otorgan a la ceniza una

notable actividad puzolánica, que consiste en su capacidad para reaccionar químicamente con $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ liberado durante el proceso de hidratación del cemento.

Esta reacción genera productos cementantes secundarios, principalmente silicatos de calcio hidratado (C-S-H), los cuales son responsables del incremento en la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto. La incorporación de la ceniza de *Tillandsia usneoides* en las mezclas cementicias promueve la densificación de la matriz interna, disminuye la porosidad capilar y mejora la cohesión estructural del material, traduciéndose en un concreto de mayor resistencia compresiva.

Adicionalmente, el uso de esta ceniza contribuye a la disminución parcial de la demanda de cemento Portland, lo cual tiene un impacto positivo en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) vinculadas a la fabricación de cemento, promoviendo prácticas constructivas más sostenibles.

En este sentido, el aprovechamiento de la ceniza de *Tillandsia usneoides* se presenta como una estrategia innovadora para la fabricación de concretos ecoeficientes, mejorando simultáneamente el desempeño mecánico y el impacto ambiental del material.

Acacia macracantha como aditivo en el concreto

Definición y características

La *Acacia macracantha*, conocida comúnmente como faique, es una especie arbórea nativa de las zonas áridas de América del Sur, particularmente del Perú, Ecuador y Colombia. Pertenece a la familia Fabaceae, caracterizándose por su resistencia a condiciones extremas de sequía, su rápido crecimiento y su alto contenido de componentes minerales en su biomasa (Royal Botanic Gardens, 2016).

Al ser sometida a un proceso de combustión controlada, la biomasa de *Acacia macracantha* genera cenizas ricas en óxidos de sílice (SiO_2), calcio (CaO), magnesio (MgO) y otros elementos con potencial puzolánico, lo que la convierte en un material viable para su uso como aditivo en la industria de la construcción (Bautista Alcalde, 2024).

Propiedades de la ceniza de *Acacia macracantha*

La ceniza obtenida de esta especie presenta propiedades similares a las de otras cenizas puzolánicas, como la ceniza volante, que han sido utilizadas tradicionalmente en

la producción de concretos más sostenibles y duraderos. Entre las principales propiedades destacan:

- Alta actividad puzolánica: Propiedad para interactuar con el $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ emitido en la hidratación del cemento, formando componentes adicionales de silicato cálcico hidratado (C-S-H) que optimizan la resistencia y durabilidad de los concretos.
- Reducción de la porosidad: La microestructura del concreto se vuelve más densa, disminuyendo la permeabilidad y aumentando su resistencia a agentes externos.
- Sostenibilidad ambiental: Permite la valorización de residuos orgánicos, reduciendo la necesidad de producción de cemento Portland, principal emisor de CO_2 en la construcción.

Aplicación en el concreto

Múltiples estudios han comprobado que el reemplazo parcial del cemento por cenizas de *Acacia macracantha* puede:

- Mejorar la resistencia a la compresión y flexión a edades tempranas y tardías de curado (Bautista Alcalde, 2024; Céspedes Mejía, 2023).
- Incrementar la trabajabilidad del concreto debido a su estructura porosa y ligera.
- Disminuir las cantidades de cemento necesarios, pudiendo lograr concretos más económicos y menos contaminantes.

Se ha encontrado que porcentajes de sustitución entre 5% y 15% son óptimos, donde el concreto muestra un mejor balance entre resistencia y durabilidad (Caruajulca Vásquez & Rojas Tucunango, 2024).

Beneficios ambientales y económicos

El uso de la ceniza de *Acacia macracantha* como aditivo en la producción de concreto no solo proporciona ventajas técnicas, también:

- Reduce las emisiones de CO_2 , al reducir la demanda de cemento.
- Promueve la economía circular, utilizando residuos orgánicos de manera eficiente.

- Disminuye costos de producción, haciendo viable la construcción de bajo impacto ambiental en regiones como Piura.

La ceniza de *Acacia macracantha* representa una opción innovadora y sostenible en la mejoría de las propiedades físico-mecánicas del concreto. Su incorporación en proporciones controladas ofrece una estrategia efectiva para lograr concretos más resistentes, duraderos y respetuosos con el medio ambiente.

II. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque, tipo

De enfoque cuantitativo, según Hernández et al. (2014) “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4).

Según su alcance o profundidad es explicativo ya que pretende establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian. El tipo de investigación será experimental.

2.2. Diseño de investigación

Experimental, de acuerdo con (Arias, 2012) "es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)" (p. 34).

2.3. Población y muestra

Para (Arias, 2012) “la población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación” (p. 81)

Para los fines de esta investigación, la población estará compuesta por probetas cilíndricas de concreto con $f'c$ 210 kg/cm², a los cuales se les incorporarán cenizas de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha* en proporciones iguales. Estos se evaluarán en diferentes porcentajes de incorporación: 0%, 4%, 6% y 8%, con el objetivo de determinar el porcentaje que mejora la resistencia a la compresión.

Hernández et al. (2014) Definen la muestra como “un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta” (p. 173).

Por su parte (Arias, 2012) “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p. 83).

extrae de la población accesible" (p. 83).

De la población descrita en esta investigación se tomarán como muestras las probetas cilíndricas curadas a los 7, 14 y 28 días después de elaboradas la mezcla de

concreto con la incorporación de las cenizas de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha*, las cuales serán sometidas a ensayos de “F’c”.

El tipo de muestro de la investigación es probabilístico, según (Arias, 2012) “es un proceso en el que se conoce la probabilidad que tiene cada elemento de integrar la muestra” (p. 83).

Por su parte Hernández et al. (2014), “la muestra probabilística es un Subgrupo de la población en el que todos los elementos tienen la misma posibilidad de ser elegidos” (p. 175)

2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos

Cómo técnicas se tendrá la observación, de acuerdo con Hernández et al. (2014) “este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías” (p. 252).

Por su parte (Bravo, 2001) define la observación experimental como una observación directa, en cuanto se basa en el estudio, mediante el empleo de los sentidos del investigador, con o sin ayuda de aparatos técnicos, de hechos y fenómenos de interés social, cuando tienen lugar en la realidad. (p. 269)

Esta investigación empleará la técnica de observación directa, ya que cada probeta cilíndrica de concreto con resistencia f_c 210 kg/cm² y con diferentes porcentajes de ceniza (0%, 4%, 6% y 8%), curadas a los 7, 14 y 28 días, será sometida a ensayos de resistencia a la compresión. Durante dichos ensayos, se deberá registrar el momento exacto en que la muestra falle y la carga con la que ocurre dicha falla, para luego comparar estos resultados con los de las muestras de probetas cilíndricas de concreto con resistencia f_c 210 kg/cm² sin ceniza, denominadas patrón. Estas también serán sometidas a los mismos ensayos a los 7, 14 y 28 días.

2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de la información

En esta sección se detallan los diferentes procedimientos que se aplicarán a los datos recopilados: clasificación, registro, tabulación y, de ser necesario, codificación.

Según (Arias, 2012) “En los referentes al análisis, se definirán las técnicas lógicas (inducción, deducción, análisis-síntesis), o estadísticas (descriptivas o inferenciales), que serán empleadas para descifrar lo que revelan los datos recolectados” (p. 69)

Recolección de las Cenizas *Tillandsia Usneoides*

El proceso de obtención de cenizas de *Tillandsia usneoides* se inició con la identificación y recolección del material vegetal en el Caserío Cajas Capsol, ubicado en el distrito de Huancabamba, provincia de Huancabamba, región Piura (Figura 1). Esta especie epífita, conocida comúnmente como "barba de viejo", se encuentra naturalmente adherida a diversos árboles de la zona.

La recolección se realizó de manera manual, extrayendo cuidadosamente las cortinas grisáceas características de la planta (ver Figuras 2 y 3), asegurando no dañar los árboles hospederos y respetando el equilibrio ecológico del entorno. Se recolectaron aproximadamente 50 kg de biomasa fresca de *Tillandsia usneoides*, la cual fue transportada en sacos de yute hacia el lugar de procesamiento.

Figura 1

Ubicación del Caserío Cajas Capsol para la recolección de las cenizas Tillandsia Usneoides



Figura 2
Árbol de Tillandsia usneoides



Figura 3
Recolección de las cortinas grisáceas de Tillandsia Usneoides



El material vegetal recolectado fue sometido a un proceso de secado natural durante 7 días bajo sombra, con el objetivo de reducir el contenido de humedad y facilitar la posterior incineración. Una vez seco, el material fue dispuesto en un horno artesanal adaptado para la calcinación controlada (Figura 4).

El proceso de calcinación se realizó a T° controladas entre 500°C y 600°C durante un período de 6 horas, siguiendo los criterios establecidos en la normativa ASTM C 618 para cenizas volcánicas o puzolanas naturales calcinadas. Este rango de temperatura permite obtener cenizas con propiedades puzolánicas adecuadas, evitando la pérdida de reactividad por sobrecalentamiento.

Figura 4

Proceso de incineración para obtener las cenizas de Tillandsia Usneoides



Posterior a la calcinación, se permitió el enfriamiento natural del horno durante 24 horas. Las cenizas obtenidas fueron extraídas cuidadosamente utilizando palas y depositadas en contenedores metálicos (Figura 5). El material fue tamizado en campo utilizando un tamiz N°50 ($300\ \mu\text{m}$) para quitar impurezas y partículas grandes que no cumplieran con los requisitos granulométricos necesarios.

Las cenizas tamizadas fueron almacenadas en recipientes herméticos y transportadas al laboratorio para su posterior caracterización fisicoquímica. Se tomó una muestra representativa de 200 g para determinar la composición química de óxidos, densidad relativa e índice de actividad puzolánica, conforme a lo establecido en la norma ASTM C 618

Figura 5

Obtención de las cenizas de Tillandsia Usneoides



Recolección de las Cenizas Acacia Macracantha

La obtención de cenizas de *Acacia macracantha*, conocida localmente como "faique", se realizó mediante la recolección de biomasa de árboles secos en zonas aledañas a hornos artesanales del distrito de Huancabamba, provincia de Huancabamba, región Piura (ver Figura 6). Esta especie arbórea nativa es abundante en las zonas áridas de la región norte del Perú.

Figura 6

Ubicación del Horno Artesanal para la recolección de las cenizas Acacia Macracantha



Se recolectaron aproximadamente 100 kg de madera seca de faique, seleccionando preferentemente troncos y ramas de árboles caídos naturalmente o provenientes de podas de mantenimiento, evitando la tala indiscriminada (Figura 7). El material fue transportado en cargas de 15 maderos aproximadamente hacia el horno artesanal para su procesamiento.

Figura 7

Recolección del Faique (Acacia Macracantha)



La madera recolectada fue procesada mecánicamente mediante corte y trituración hasta obtener virutas de tamaño reducido, lo cual facilita una combustión más uniforme y controlada durante el proceso de calcinación. Las virutas fueron dispuestas en el horno artesanal, el cual fue cargado completamente para optimizar el proceso de incineración (Figura 8).

El proceso de calcinación controlada se llevó a cabo manteniendo temperaturas entre 550°C y 650°C durante un período de 8 horas, siguiendo los lineamientos fijados en la normativa ASTM C 618 para puzolanas naturales. Este rango térmico garantiza la descomposición completa de la materia orgánica y la formación de óxidos minerales con actividad puzolánica, principalmente sílice (SiO_2), óxido de calcio (CaO) y óxido de aluminio (Al_2O_3).

Figura 8

Proceso de incineración para obtener las cenizas de Acacia Macracantha



Posterior a la calcinación, el horno fue dejado en reposo durante 48 horas para permitir el enfriamiento gradual y seguro del material. Transcurrido este período, se procedió al descargado manual de las cenizas utilizando palas y carretillas (ver Figura 9). Las cenizas fueron tamizadas in situ empleando un tamiz N°50 (300 μm) para quitar

partículas de grandes, carbón residual no calcinado e impurezas que pudieran afectar las propiedades del concreto.

El material tamizado fue almacenado en recipientes metálicos herméticos, debidamente identificados y transportados al laboratorio de ensayos para su caracterización fisicoquímica y almacenamiento bajo condiciones controladas. Durante todas las etapas del proceso se emplearon equipos (EPP), incluyendo casco, guantes térmicos, lentes de seguridad y mascarilla con filtro para partículas, garantizando la seguridad del personal involucrado. Se extrajo una muestra de 200 g para realizar los ensayos de composición química, determinación de óxidos, densidad relativa e índice de reactividad puzolánica según la normativa ASTM C 618.

Figura 9
Obtención de las cenizas de Acacia Macracantha



La cantera para la obtención del agregado grueso se encuentra ubicada en el distrito de Ignacio Escudero, provincia de Sullana, región Piura (Figura 10). Esta cantera está situada aproximadamente a 8 km al noreste de la ciudad de Sullana.

Figura 11

Ubicación de Cantera Sojo en el distrito de Paita, Piura (obtención de Agregado Fino)



La cantera Cerro Mocho se especializa en la extracción y procesamiento de material pétreo mediante trituración mecánica. El proceso productivo inicia con el carguío del material rocoso mediante cargadores frontales, el cual es transportado hacia la zona de trituración primaria. El material es alimentado a una trituradora de mandíbula que reduce las rocas a fragmentos de menor tamaño, los cuales son transportados mediante fajas transportadoras hacia una trituradora cónica para su posterior reducción granulométrica.

La cantera para la obtención del agregado fino se encuentra ubicada en el distrito de Paita, provincia de Paita, región Piura (ver Figura 11). Esta cantera está localizada aproximadamente a 12 km al sur de la ciudad de Paita, con acceso directo desde la carretera Panamericana Norte.

El proceso de producción del agregado fino en la cantera Sojo inicia con la extracción de material aluvial mediante cargadores frontales, los cuales cargan volquetes

para el transporte del material hacia la zona de procesamiento. El material es acumulado en superficie plana cercana a zarandas vibratorias con malla cuadrada de 3/8" (9.5 mm).

Muestreo de Agregados (ASTM D75 y NTP 400.010:2000)

Una vez identificadas y evaluadas las canteras proveedoras, se procedió al muestreo de los agregados conforme a los procesos establecidos en las normativas ASTM D75 y NTP 400.010:2000. El muestreo se realizó de manera aleatoria en tres puntos diferentes del material almacenado en cada cantera, a fin de conseguir un espécimen representativo del producto final.

Para el agregado grueso que provino de la cantera Cerro Mocho, se recolectaron tres submuestras de aproximadamente 170 kg cada una, utilizando pala manual. Las submuestras fueron combinadas y homogenizadas en una superficie limpia y seca, obteniendo una muestra compuesta total de 500 kg. El material fue depositado en contenedores plásticos resistentes con tapa hermética para evitar la pérdida de humedad y contaminación durante el transporte.

De manera similar, para el agregado fino cuya procedencia fue de la cantera Sojo, se recolectaron tres submuestras aleatorias de aproximadamente 170 kg cada una del material lavado. Las submuestras fueron mezcladas y homogenizadas mediante el cuarteo, obteniéndose una muestra compuesta de 500 kg. El material fue almacenado en contenedores plásticos herméticos para preservar sus condiciones de humedad natural.

Antes del traslado al laboratorio, cada muestra fue debidamente identificada mediante etiquetas que incluían la siguiente información: nombre de la cantera, tipo de agregado (fino o grueso), fecha de muestreo, ubicación geográfica y responsable del muestreo, cumpliendo con la normativa NTP 400.010:2000. Las muestras fueron transportadas al laboratorio de ensayos de materiales para su caracterización física y mecánica.

Caracterización de los Agregados

Usos Granulométricos

De acuerdo con las normas ASTM C33-07 y NTP 400.037, se conoce como huso granulométrico o confitillo al material que resulta de triturar piedras o gravas que, al mezclarse con arena gruesa, forman el concreto. Los tamaños de partículas que se usan

para hacer concreto estructural con resistencia de 210 kg/cm² se muestran en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4
Huso granulométrico del Agregado Fino

Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 8	80 – 100
N° 16	50 – 85
N° 30	25 – 60
N° 50	5 – 30
N° 100	0 – 10

Nota. Adaptado de Especificaciones Técnicas para Concreto, por Cementos Yura, 2023.

Para el diseño de la mezcla de concreto destinado a pavimentos rígidos y elementos estructurales, se consideró el huso granulométrico N° 67 para el agregado grueso, el cual presenta un TMN de 3/4" (19 mm) y es adecuado para concretos con resistencias entre 210 kg/cm² y 280 kg/cm², según lo establecido en la NTP 400.037.

Análisis Granulométrico del Agregado Grueso (ASTM C136 y NTP 400.012:2001)

Para identificar la distribución granulométrica del agregado grueso, se siguió el procedimiento normalizado establecido en ASTM C136 y NTP 400.012:2001. Los materiales y equipos necesarios para este ensayo incluyeron: 1 cuchara metálica, 1 estufa con control de temperatura, muestra de agregado grueso, juego de tamices (1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y N°4), 1 tapa, 1 fondo colector y balanzas electrónicas con precisión de 0.1 g.

El proceso se inició mediante seleccionar una muestra que represente al agregado grueso, la cual fue sometida a secado en estufa a T° constante de 110°C ± 5°C durante 24 horas para remover completamente su contenido de humedad. Cumplido el período de secado, la muestra fue retirada del equipo de calentamiento y se permitió su enfriamiento a temperatura ambiente durante 30 min.

Luego, se pesaron 500 g de la muestra seca en la balanza electrónica, registrando el valor con precisión. Los tamices fueron ordenados y ensamblados en orden descendente

según el tamaño de las aberturas de malla, colocando la tapa en la parte superior y el fondo colector en la parte inferior.

La muestra pesada de 500 g fue depositada sobre el tamiz superior (1"), y el conjunto de tamices fue tapado para evitar pérdidas de material durante los procesos de tamizado. Se realizaron movimientos manuales de zarandeo horizontal y vertical de manera vigorosa durante un período de 10 a 15 minutos, logrando así que las partículas tuvieran adecuada oportunidad de cruzar las aberturas correspondientes.

Finalizado el tamizado, se destapo el conjunto y se desensambló cuidadosamente cada tamiz, evitando la pérdida o transferencia de material entre tamices. El material retenido en cada tamiz fue extraído cuidadosamente, pesado en la balanza electrónica y registrado con precisión de 0.1 g. La suma de los pesos retenidos en todos los tamices, incluyendo el fondo, fue verificada para confirmar que no existieran pérdidas significativas de material durante el proceso (tolerancia máxima de pérdida: 0.3% del peso inicial).

Con base en los datos de masa retenida en cada tamiz, se calcularon los porcentajes de retención parcial, porcentajes de retención acumulada y porcentajes de material pasante por cada malla. Dichos valores fueron representados en papel semilogarítmico para generar la curva de distribución del agregado grueso, la cual se comparó con las bandas granulométricas normadas en la NTP 400.037 a fin de validar el cumplimiento de las exigencias técnicas.

Análisis Granulométrico del Agregado Fino (ASTM C136 y NTP 400.012:2001)

Se realizó siguiendo los lineamientos de las normas ASTM C136 y NTP 400.012:2001, con el fin de determinar la distribución de tamaños de partículas y clasificar el material como arena gruesa, media o fina. Los materiales y equipos necesarios incluyeron: 1 cuchara metálica, 1 estufa con control de temperatura, muestra de agregado fino, tamices (N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200), 1 tapa, 1 fondo colector y balanza electrónica con precisión de 0.1 g.

El procedimiento comenzó con la toma de un espécimen representativo de agregado fino, la cual fue puesta en la estufa a temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas para eliminar toda la humedad presente en el material. Cumplido el

tiempo de secado, el espécimen fue retirado del horno y enfriada a T° ambiente durante 30 minutos.

Se pesaron 300 g de la muestra seca utilizando la balanza electrónica, registrando el valor con precisión. Los tamices fueron organizados y acoplados en orden descendente según los tamaños de aberturas, desde el tamiz N° 4 (4.75 mm) en la parte superior hasta el tamiz N° 200 (75 μ m), colocando el fondo colector en la parte inferior y la tapa en la parte superior del conjunto.

La muestra de 300 g fue depositada sobre el tamiz superior (N° 4), y el conjunto de tamices fue tapado herméticamente. Se procedió a realizar movimientos manuales de zarandeo horizontal y circular de manera enérgica durante un período de 10 a 15 minutos, permitiendo que las partículas más finas atravesaran las aberturas correspondientes mientras las partículas de mayor tamaño quedaban retenidas.

Finalizado el proceso de tamizado, se destapó el conjunto y se separaron cuidadosamente los tamices uno por uno, evitando la pérdida o mezcla de los materiales retenidos. El contenido retenido fue extraído mediante cepillado suave, pesado en la balanza electrónica y registrado con precisión de 0.1 g. Se verificó que la suma total de los pesos retenidos en todos los tamices más el fondo fuera aproximadamente igual al peso inicial de 300 g, con una tolerancia máxima de pérdida del 0.3%.

Con la información obtenida, se calcularon los porcentajes que quedaron en cada tamiz de forma parcial, acumulada y los porcentajes que pasaron por cada uno. Además, se obtuvo el módulo de finura del material fino sumando los porcentajes retenidos acumulados en las mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, y dividiendo entre 100. Los valores se compararon con los límites mostrados en la Tabla 5 para confirmar que cumplen con las especificaciones técnicas.

Tabla 5*Límites de Sustancias dañinas en el Agregado Fino*

Característica	Unidad	Requisitos Mínimo	Requisitos Máximo
Módulo de finura	-	2.3	3.1
Pasante de la malla N° 200	%	N.A.	5
Cloruros solubles	ppm	N.A.	1000
Sulfatos solubles	ppm	N.A.	12000
Terrones de arcilla y partículas deleznable	%	N.A.	3
Impurezas orgánicas	Plato de color	N.A.	3
Inalterabilidad por sulfato de magnesio	%	N.A.	15

Nota. Adaptado de Especificaciones Técnicas para Concreto, por Cementos Yura, 2023.

Los resultados obtenidos permitieron clasificar el agregado fino según su MF y verificar su aptitud para la fabricación de concreto estructural con resistencia $f_c = 210$ kg/cm², garantizando una adecuada resistencia mecánica y trabajabilidad del concreto en estado endurecido.

Figura 12*Tamizado del Agregado Grueso*

Figura 13
Tamizado del Agregado Fino



Figura 14
Lavado de los agregados luego del Tamizado



Figura 15

Secado en el horno de los agregados



Tamaño Máximo Nominal (TMN) / NTP.400.037.2018.

El Tamaño Máximo Nominal (TMN) es el tamiz menor por el cual pasa la mayor parte del agregado grueso, reteniendo entre el 5% y 15% de la masa total según la NTP 400.037:2018.

El procedimiento inició con el secado de 500 g de agregado grueso en estufa a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Posteriormente, se realizó el tamizado utilizando una serie de tamices ordenados descendientemente (1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y N°4), realizando movimientos horizontales y verticales durante 10-15 minutos. El material retenido en cada tamiz fue pesado con balanza electrónica de precisión 0.1 g, calculándose los porcentajes parciales retenidos, acumulados y los que pasan por cada tamiz.

Los resultados se graficaron en papel semilogarítmico para elaborar la curva granulométrica. El TMN se determinó identificando el menor tamiz por el cual pasa entre 85% y 95% del material. Para el agregado grueso de la cantera Sojo se obtuvo un TMN de 1/2" (12.7 mm), valor adecuado para concreto estructural $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 16.

Determinación del Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso



Peso específico del agregado grueso (NTP 400.021:2018)

El peso específico representa la relación entre la masa del agregado y un volumen igual de agua a 23°C. Este parámetro es esencial para convertir proporciones en peso a volumen en el diseño de mezclas.

De acuerdo con la NTP 400.021:2018, se secó una muestra del agregado grueso en estufa a 110°C ± 5°C durante 24 horas hasta masa constante. Luego se sumergió en agua a 23°C ± 2°C por 24 ± 4 horas para saturar los poros. Se sacó y secó la superficie con paño absorbente hasta lograr la condición (SSS), registrando su peso.

Posteriormente, se llenó un recipiente metálico de 5 litros con agua hasta la mitad, registrando el peso del conjunto (recipiente + agua). Se sumergió completamente la muestra, agitando para quitar burbujas, y se registró el nuevo peso (recipiente + agua + agregado). Por último, se extrajo el agregado y se secó en estufa a 110°C ± 5°C por 24 horas para obtener el peso seco al horno.

El peso específico bulk se calculó mediante la fórmula:

$$Pe \text{ bulk} = A / (B - C)$$

Donde:

- A: Peso del espécimen seco al horno (g)
- B: Peso del espécimen saturado superficialmente seco (g)
- C: Peso del espécimen saturado dentro del agua (g)

El agregado grueso de la cantera Sojo obtuvo un peso específico bulk de 2.72 gr/cm^3 , dentro del rango normal ($2.50 - 2.80 \text{ gr/cm}^3$)

Figura 17.

Determinación del Peso Específico del Agregado Grueso



Porcentaje de Absorción del agregado grueso (NTP 400.021.2018)

El porcentaje de absorción indica la cantidad de agua que el agregado incorpora en sus poros cuando está saturado, expresado como porcentaje de su masa seca. Este valor permite estimar el agua que absorberá el agregado durante el mezclado del concreto.

El procedimiento según la NTP 400.021:2018 utilizó la misma data hallada en el ensayo de peso específico. El espécimen se secó en estufa a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta masa constante, luego se sumergió en agua durante 24 hr. Posteriormente se llevó a condición SSS y se pesó, para finalmente secarse nuevamente y obtener el peso seco.

El porcentaje de absorción se calculó mediante:

$$A (\%) = [(B - A) / A] \times 100$$

Donde:

- A: Peso del espécimen seco al horno (g)
- B: Peso del espécimen saturado superficialmente seco (g)

El agregado grueso de la cantera Sojo registró una absorción de 1.60%, valor moderado que muestra una porosidad adecuada sin perjudicar las características del concreto.

Figura 18.

Agregado Grueso en condición Saturado Superficialmente Seco



Peso específico del agregado fino (NTP 400.022:2018)

Indica la densidad del material y es fundamental para calcular volúmenes en la dosificación de mezclas de concreto.

Conforme a la NTP 400.022:2018, se seleccionó un espécimen representativo de agregado fino que fue secada en estufa a 110°C ± 5°C hasta peso constante. Se llenó un picnómetro con agua a 23°C ± 2°C hasta un nivel específico y se registró su peso. Luego

se puso una cantidad conocida de material fino seco en el picnómetro, moviéndolo fuertemente para eliminar burbujas de aire, y se pesó todo junto.

El picnómetro con el material fino se colocó en agua a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 16 a 18 horas. Después de ese tiempo, se sacó, se secó por fuera y se volvió a pesar. Con los valores obtenidos se determinó el peso específico usando la siguiente fórmula:

$$Pe = A / (B + C - D)$$

Donde:

- A: Peso del agregado fino seco (g)
- B: Peso del picnómetro lleno de agua (g)
- C: Peso del agregado fino seco (g)
- D: Peso del picnómetro + agregado fino + agua (g)

El agregado fino de la cantera Cerro Mocho presentó un peso bulk de 2.61 gr/cm^3 , valor característico de materiales pétreos de densidad normal.

Figura 19.

Determinación del Peso Específico del Agregado Fino con Picnómetro



Porcentaje de Absorción del agregado fino (NTP 400.022.2018)

El porcentaje de absorción del agregado fino representa el agua absorbida por el material cuando sus poros están saturados, expresado como porcentaje de su masa seca.

Según la NTP 400.022:2018, se obtuvo una muestra del material fino y se secó en horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar peso constante. Después, se saturó sumergiéndola en agua a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 4 horas. Luego se retiró y se extendió sobre una superficie que no absorbe, exponiéndola a aire caliente y removiéndola constantemente hasta lograr la condición saturada superficialmente seca (SSS), registrando su peso. Finalmente, se secó nuevamente en horno para determinar su masa en estado seco.

El nivel de absorción se estimó mediante:

$$A (\%) = [(B - A) / A] \times 100$$

Donde:

- A: Peso del espécimen seco al horno (g)
- B: Peso del espécimen saturado superficialmente seco (g)

El agregado fino de la cantera Cerro Mocho registró una absorción de 1.30%, indicando porosidad moderada adecuada para concreto estructural.

Contenido de Humedad (NTP 339.185:2002)

El contenido de humedad determina la cantidad de agua presente en el agregado, expresada como porcentaje de su peso seco. Este parámetro es crucial para ajustar las cantidades de agua y agregados en el diseño de mezclas.

El procedimiento según la NTP 339.185:2002 consistió en pesar un recipiente metálico vacío con precisión de 0.1 g. Se colocaron 500 g de muestra de agregado en el recipiente y se registró el peso inicial (Pi). El conjunto se introdujo en una estufa a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 hr para quitar completamente la humedad.

Pasado el periodo de secado, se retiró el recipiente de la estufa, se esperó 30 minutos a que se enfriara a temperatura ambiente y se pesó otra vez para conseguir el peso final (Pf). La humedad se calculó con la fórmula:

$$H (\%) = [(Pi - Pf) / Pf] \times 100$$

Donde:

- H: Contenido de humedad (%)
- Pi: Peso al inicio del espécimen húmedo (g)
- Pf: Peso al final del espécimen seco (g)

Los agregados fino y grueso registraron un contenido de humedad de 0.01%, valor muy bajo que indica almacenamiento adecuado bajo condiciones controladas.

Figura 20.

Determinación del Contenido de Humedad en Agregados



Peso seco compactado (NTP 400.017:2011)

El peso seco compactado (también llamado peso unitario compactado) representa la masa de agregado por unidad de volumen cuando el material es compactado. Este valor es esencial para determinar cuánto agregado se necesita por m³ de concreto.

Conforme a la NTP 400.017:2011, se utilizó un molde cilíndrico metálico de 10 cm de diámetro × 10 cm de alto, previamente pesado vacío. El procedimiento consistió en llenar el molde en tres capas iguales, compactando cada capa con 25 golpes de una varilla metálica de punta semiesférica de 16 mm de diámetro, distribuidos uniformemente sobre la superficie.

La varilla penetró levemente la capa inferior sin alcanzar el fondo del molde al golpear. Después de compactar la última capa, se emparejó la superficie usando una regla metálica con movimientos de aserrado. Se pesó el molde lleno con agregado compactado utilizando balanza de precisión 0.1 g.

El peso seco compactado se calculó mediante:

$$P_{sc} = P_{mc} - P_m$$

Donde:

- P_{sc} : Peso seco compactado (kg/m^3)
- P_{mc} : Peso con agregado compactado (g)
- P_m : Peso vacío del molde (g)

Finalmente, el resultado se expresó en kg/m^3 mediante conversión volumétrica. El agregado fino obtuvo 1724 kg/m^3 y el grueso 1596 kg/m^3 , valores necesarios para el diseño de mezcla ACI 211.1.

Módulo de finura (Mf) del agregado fino (NTP 400.011:2008)

El módulo de finura es un índice numérico que indica la finura o grosor del agregado fino. Se estima como la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices normalizados dividida entre 100.

Según la NTP 400.011:2008, se tomó un espécimen representativo de 300 g de agregado fino previamente secado a $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$. Se realizó el análisis granulométrico utilizando los tamices N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200, ordenados descendientemente. Se efectuó el tamizado mediante movimientos horizontales y circulares durante 10-15 minutos.

El material retenido en cada tamiz fue pesado con precisión de 0.1 g, calculándose los porcentajes retenidos parciales y acumulados. El MF se determinó mediante:

$$M_f = \Sigma (\% \text{ retenidos acumulados en tamices N}^\circ 4, 8, 16, 30, 50, 100) / 100$$

El agregado fino de la cantera Cerro Mocho obtuvo un MF de 2.73, ubicándose dentro del rango óptimo especificado (2.3 - 3.1), lo que indica una granulometría adecuada que favorece la trabajabilidad y resistencia del concreto.

Diseño de la mezcla del concreto (Norma ACI 211.1)

El diseño de mezcla para concreto con resistencia $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ se ejecutó siguiendo el método ACI 211.1, empleando agregados de las canteras locales Cerro Mocho y Sojo (Tabla 7). Este procedimiento sistemático permitió establecer las proporciones adecuadas de los componentes del concreto.

a) Resistencia a la compresión promedio (F'_{cr})

La resistencia promedio de diseño se calculó según los criterios del ACI 211 para concretos con f'_c entre 210-350 kg/cm^2 :

Tabla 6.

Resistencia a la compresión promedio (F'_{cr})

F'_c	F'_{cr}
Menos de 210	F'_c
210 a 350	$F'_c + 84$
Sobre 350	$F'_c + 94$

Fuente: Método ACI 211

Aplicando: $F'_{cr} = f'_c + 84$

b) Asentamiento de la mezcla

Se seleccionó consistencia plástica según las especificaciones del ACI 211:

Tabla 7.

Asentamientos recomendados

Consistencia	Asentamiento
SECA	0" a 2"
PLASTICA	3" a 4"
FLUIDA	$\geq 5"$

Fuente: Método ACI 211

c) Relación agua-cemento (a/c)

Se interpoló la relación a/c utilizando la resistencia F'_{cr} calculada:

Tabla 8.*Relación agua-cemento y resistencia*

Resistencia F'cr (kg/cm ²)	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	...
400	0.43	...
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Método ACI 211

d) Contenido de agua

Se estableció la cantidad de agua según el TMN = 1/2" y asentamiento 3"-4":

Tabla 9.*Volumen unitario de agua*

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Concreto sin aire incorporado				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	193
6" a 7"	243	228	216	202

Nota: Valores en L/m³. Fuente: Método ACI 211**e) Contenido de cemento**

$$c = \frac{a}{Ra/c}$$

f) Aire atrapado

Tabla 10.

Contenido de aire atrapado

TMN	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%

Fuente: Método ACI 211

g) Volumen de agregado grueso

Se determinó mediante el Mf del agregado fino (2.73) y TMN = 1/2":

Tabla 11.

Volumen de agregado grueso

TMN	Mf 2.40	Mf 2.60	Mf 2.80	Mf 3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60

Nota: Valores interpolados para Mf=2.73. Fuente: Método ACI 211

h) Peso del agregado grueso

Peso Unitario Compactado Seco = $V_{AG} \times$ Peso compactado

i) Volumen absoluto y agregado fino

$$\text{Volumen absoluto} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peos específico} \times 100}$$

$$\text{Volumen ag. fino} = 1 - \Sigma \text{volúmenes absolutos}$$

$$\text{Peso Ag. fino} = \text{Volumen} \times \text{Peso específico} \times 1000$$

J) Corrección por humedad

$$\text{Peso húmedo} = \text{Peso seco} \left(\frac{\% \text{humedad}}{100} + 1 \right)$$

Aplicando humedad de 0.01%.

k) Agua libre de agregados

$$\text{Agua libre} = \text{Peso seco} \left(\frac{\% \text{Absorción} - \% \text{humedad}}{100} \right)$$

Considerando absorción: 1.30% (fino) y 1.60% (grueso)

l) Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua Diseño} + \text{Agua libre}$$

m) Diseño húmedo

$$C = \frac{\text{Agua efectiva}}{R_{a/c}}$$

n) Proporciones en peso

Dosificación expresada como 1:X:Y:Z respecto al peso del cemento.

$$\text{Proporción Volumen} = \frac{\text{Proporción Pesos} \times 42.5}{\text{Peso unitario suelto seco}}$$

Este procedimiento generó las dosificaciones finales (Tablas 14-18) para el concreto patrón y las mezclas con 4%, 6% y 8% de cenizas de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha* mediante sustitución parcial del cemento.

Ensayo de asentamiento (ASTM C143 y NTP 339.035)

Conocida como Slump Test, mide qué tan manejable está el concreto fresco usando el cono de Abrams.

Según las normas ASTM C143 y NTP 339.035, primero se humedeció el cono de Abrams y las herramientas (varilla para compactar, cuchara y regla de metal). El cono se puso sobre una base metálica plana y firme, presionando fuerte las aletas con los pies durante todo el proceso para que no se mueva.

Se llenó en tres partes iguales, compactando cada parte con 25 golpes de la varilla de metal (16 mm de ancho, 60 cm de largo) repartidos de manera uniforme. Los golpes entraron en la capa que se estaba compactando sin llegar al fondo. Después de compactar la tercera parte, se niveló la superficie con la varilla haciendo movimientos de rodado.

De inmediato, se levantó el cono hacia arriba de forma pareja en un tiempo de 5 ± 2 segundos, sin moverlo hacia los lados ni girarlo. El concreto se asentó y se midió el slump colocando la varilla horizontal sobre el cono volteado, calculando la distancia vertical desde la parte de abajo de la varilla hasta el centro de la masa asentada con precisión de 0.5 cm.

El concreto normal mostró un asentamiento de 4", mientras que las mezclas con 4%, 6% y 8% de cenizas mostraron 3.5", 2.5" y 1.5" respectivamente, lo que demuestra que la trabajabilidad disminuye conforme aumenta la cantidad de cenizas.

Figura 21.

Ensayo de Asentamiento (Slump Test) del Concreto Fresco



El ensayo de resistencia a la compresión del concreto (Normas ASTM C-39 y NTP 339.034).

Mide la capacidad del concreto endurecido para aguantar cargas verticales, expresada en kg/cm² o MPa.

Según las normas ASTM C-39 y NTP 339.034, se hicieron probetas cilíndricas usando moldes de metal de 150 mm de ancho × 300 mm de alto (relación alto/ancho = 2:1). Antes de vaciar, los moldes se limpiaron y lubricaron con desmoldante para poder sacarlas fácilmente.

Se llenó en tres partes iguales, compactando cada parte con 25 golpes de varilla de metal de 16 mm de ancho, repartidos uniformemente. Después de cada compactación, se golpeó el exterior del molde con un martillo de goma 10-15 veces para sacar las burbujas de aire atrapadas. La tercera parte se llenó de más y se niveló con regla de metal haciendo movimientos de sierra.

Las probetas se mantuvieron en ambiente húmedo (HR > 95%) a temperatura de 20-25°C por 24 horas. Luego se sacaron con cuidado de los moldes y se sumergieron en una poza de curado con agua saturada de cal a 23°C ± 2°C hasta las edades de prueba (7, 14 y 28 días).

Para la prueba, las probetas se sacaron del agua, se secó su superficie y se colocaron centradas en la prensa hidráulica calibrada. Se aplicó carga vertical continua a velocidad constante de 2-4 kg/cm²/s hasta que se rompieron. Se anotó la carga máxima (P) y el tipo de rotura que se produjo.

La resistencia a la compresión se calculó mediante:

$$f_c = P / A$$

Donde:

- f_c : Resistencia a la compresión (kg/cm²)
- P: Carga aplicada máxima (kg)
- A: Área de la sección transversal (78.54 cm² para Ø = 10 cm)

El concreto patrón alcanzó 219.58 kg/cm² a los 28 días, mientras que las mezclas con 4%, 6% y 8% de cenizas lograron 251.35, 267.72 y 249.44 kg/cm² respectivamente.

Figura 22.

Elaboración de probetas para ensayo de resistencia a la compresión



Figura 23.

Ensayo de Resistencia a la Compresión en Prensa Hidráulica



2.6.Aspectos éticos en investigación

De acuerdo con (Espinoza & Calva, 2020) la ética es un factor presente en cualquier ámbito del quehacer humano, que con frecuencia se ve vulnerada por disímiles razones; realidad de la que no escapa el contexto de las investigaciones educativas. Las

investigaciones educativas se fundamentan en los principios de respeto, beneficencia y justicia. Los fallos éticos que se presentan en algunas investigaciones educativas están dados en problemas respecto a los participantes, en el desarrollo del trabajo y propios del investigador; así como, por el plagio y uso de datos falsos.

La presente investigación científica se caracteriza por ser una herramienta teórico-metodológica que favorecerá el fomento de los principios y valores éticos, ya que la información utilizada fue obtenida por textos, revistas científicas, consultas de tesis similares, así como el desarrollo de la parte experimental guiada por normas existentes, la cual se desarrollará en los laboratorios de la universidad, bajo ambiente controlado de las muestras utilizadas.

III. RESULTADOS

Los ensayos de resistencia a la compresión del concreto patrón se realizaron según la normativa NTP 339.034, utilizando probetas cilíndricas estándar de 10 cm de diámetro y 20 cm de alto, ensayadas a edades de 7, 14 y 28 días. La Tabla 12 presenta los valores de carga aplicada y las resistencias obtenidas para cada edad de ensayo.

Tabla 12.
Resistencia a la compresión de Probetas Cilíndricas - Patrón

ID de Muestra	Edad (días)	f'c diseño (kg/cm ²)	Carga (Kgf)	Datos de espécimen			Res. a la comp. (kg/cm ²)		
				Altura (cm)	Ø (cm)	Área (cm ²)	f'c	f'c _{prom}	% f'c
PATRON	7	210	13421.00	20.00	10.00	78.54	170.89	169.41	80.67%
			12987.00	20.00	10.00	78.54	165.25		
			13524.00	20.00	10.00	78.54	172.08		
	14	210	14100.00	20.00	10.00	78.54	179.53	181.81	86.57%
			14314.00	20.00	10.00	78.54	182.25		
			14423.00	20.00	10.00	78.54	183.64		
	28	210	17242.00	20.00	10.00	78.54	219.53	219.58	104.56%
			17021.00	20.00	10.00	78.54	216.72		
			17475.00	20.00	10.00	78.54	222.50		

La Tabla 12 muestra que el concreto patrón logró resistencias promedio de 169.41 kg/cm² (80.67% del f'c) a los 7 días, 181.81 kg/cm² (86.57%) a los 14 días, y 219.58 kg/cm² (104.56%) a los 28 días. Las cargas de rotura variaron entre 12,987-13,524 kgf a los 7 días, 14,100-14,423 kgf a los 14 días, y 17,021-17,475 kgf a los 28 días. Los resultados evidencian el desarrollo progresivo de resistencia característico del cemento Portland, superando a la de diseño a los 28 días.

Figura 24.
Resistencia a la compresión Concreto - Patrón

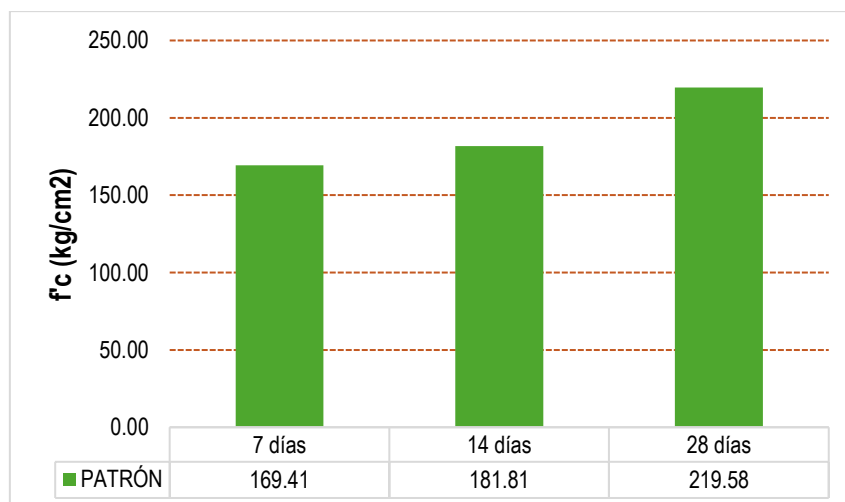
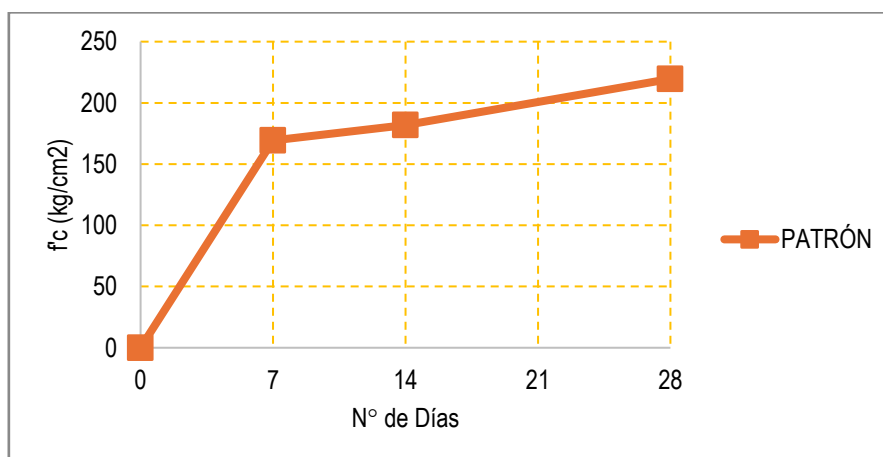


Figura 25.*Variación de la Resistencia a la compresión (Días) - Patrón*

Las Figuras 26 y 27 ilustran gráficamente la evolución del “F’c” del concreto patrón en las tres edades evaluadas. Se observa un incremento gradual desde 169.41 kg/cm² a los 7 días hasta 219.58 kg/cm² a los 28 días, mostrando la curva típica de desarrollo de resistencia del concreto convencional con cemento Portland.

Objetivo Específico 1: Determinar la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 4% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025.

Para evaluar el efecto de la adición del 4% de cenizas de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha, se elaboraron probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de alto, ensayadas según la norma NTP 339.034 a los 7, 14 y 28 días. La Tabla 13 presenta los hallazgos obtenidos para esta dosificación.

Tabla 13.*Resistencia a la compresión de Probetas Cilíndricas - 4% (TU+AM)*

ID de Muestra	Edad (días)	f'c diseño (kg/cm ²)	Carga (Kgf)	Datos de espécimen			Res. a la comp. (kg/cm ²)		
				Altura (cm)	Ø (cm)	Área (cm ²)	f'c	f'c _{prom}	% f'c
4%(TU + AM)	7	210	14593.00	20.00	10.00	78.54	185.82		
			15749.00	20.00	10.00	78.54	200.39	192.33	91.58%
			14993.00	20.00	10.00	78.54	190.77		
	14	210	15767.00	20.00	10.00	78.54	200.76		
			15389.00	20.00	10.00	78.54	195.81	202.84	96.59%
			16658.00	20.00	10.00	78.54	211.95		
	28	210	20005.00	20.00	10.00	78.54	254.73		
			19825.00	20.00	10.00	78.54	252.25	251.36	119.69%
			19419.00	20.00	10.00	78.54	247.09		

La Tabla 13 evidencia que la mezcla con 4% de cenizas alcanzó resistencias de 192.33 kg/cm² (91.58% del f_c) a los 7 días, 202.84 kg/cm² (96.59%) a los 14 días, y 251.36 kg/cm² (119.69%) a los 28 días. Las cargas de rotura oscilaron entre 14,593-15,749 kgf a los 7 días, 15,389-16,658 kgf a los 14 días, y 19,419-20,005 kgf a los 28 días. Respecto al patrón, se observa un incremento del 13.53% a los 7 días, 11.56% a los 14 días, y 14.48% a los 28 días, demostrando la efectividad de esta dosificación.

Figura 26.

Resistencia a la compresión Concreto - 4% (TU + AM)

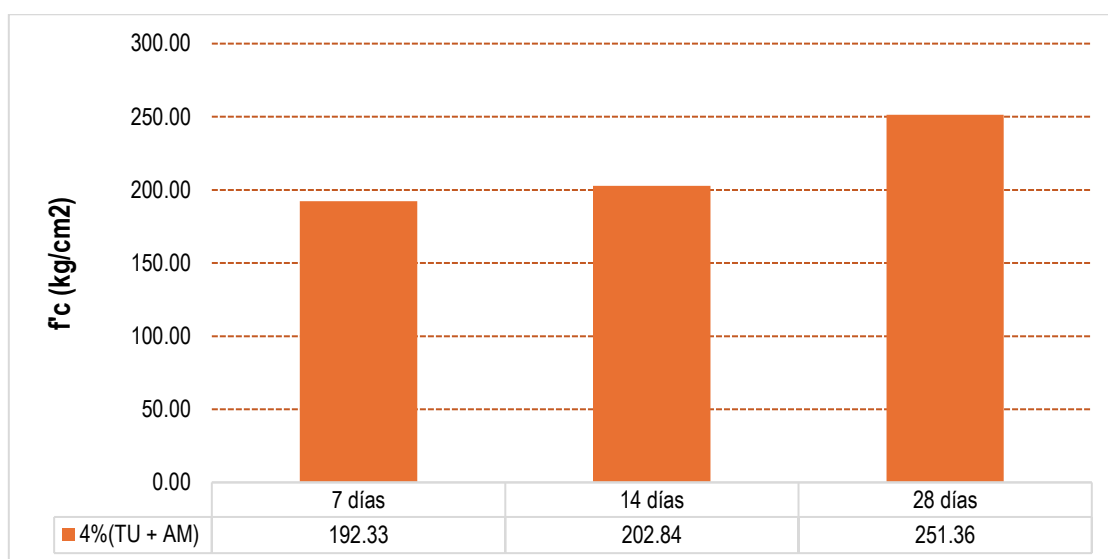
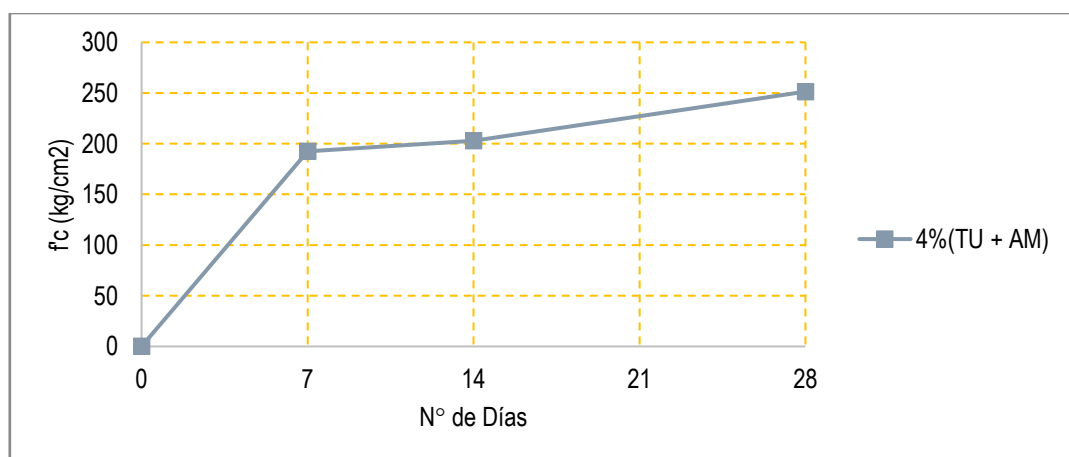


Figura 27.

Variación de la Resistencia a la compresión (Días) - 4% (TU+AM)



Las Figuras 28 y 29 presentan la evolución de la resistencia para la dosificación del 4%, mostrando valores superiores al patrón en todas las edades evaluadas. El desarrollo de resistencia evidencia el efecto benéfico del efecto filler y la incipiente actividad puzolánica de las cenizas adicionadas, alcanzando 251.36 kg/cm² a los 28 días.

Contrastación de hipótesis

Para determinar si "Existe influencia significativa de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 4% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025", se realizaron pruebas estadísticas de normalidad mediante Shapiro-Wilk ($n < 50$ datos), homogeneidad de varianzas y ANOVA. Se trabajó con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$) para evaluar las diferencias entre el concreto patrón y la dosificación del 4%.

Tabla 14.

Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk - 4%(TU+AM)

	Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
4% (TU + AM)	0.821	6	0.089

La Tabla 14 presenta los hallazgos de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la dosificación del 4%. El estadístico obtenido es 0.821 con un valor de significancia de 0.089, superior al nivel crítico de 0.05. Esto indica que los datos de "F'c" para la mezcla con 4% de cenizas siguen una distribución normal, cumpliendo con el supuesto de normalidad requerido para aplicar análisis paramétricos.

Tabla 15.

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas - 4% (TU+AM)

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	
4% (TU + AM)	Se basa en la media	0.424	1	4	0.551
	Se basa en la mediana	0.122	1	4	0.744
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.122	1	3.426	0.747
	Se basa en la media recortada	0.399	1	4	0.562

La Tabla 15 muestra los hallazgos de la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas. En todas las opciones evaluadas (basada en la media, mediana, mediana con gl ajustado, y media recortada), los valores de significancia oscilan entre 0.551 y 0.747, todos superiores a 0.05. Esto confirma que existe homogeneidad de varianzas entre los grupos comparados, cumpliendo con el segundo supuesto necesario para el análisis ANOVA.

Tabla 16.*ANOVA de un factor para resistencia a la compresión - 4% (TU+AM)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1514.317	1	1514.317	128.631	0.000
Dentro de grupos	47.090	4	11.773		
Total	1561.407	5			

La Tabla 16 presenta el análisis ANOVA de un factor, revelando una suma de cuadrados entre grupos de 1514.317 con 1 grado de libertad, y una suma de cuadrados dentro de grupos de 47.090 con 4 gl. La media cuadrática entre grupos es 1514.317, mientras que dentro de grupos es 11.773. El valor F calculado es 128.631 con un nivel de significancia de 0.000, muy inferior a 0.05. Esto demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre el concreto patrón y la dosificación del 4%.

Conclusión:

Con base en los hallazgos recabados, donde el valor de significancia del ANOVA ($p = 0.000$) es menor al nivel crítico ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. Por lo tanto, se concluye que existe influencia significativa de la ceniza de *Tillandsia Usneoides* y *Acacia Macracantha* al 4% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025

Objetivo Específico 2: Determinar la influencia de la ceniza de *Tillandsia Usneoides* y *Acacia Macracantha* al 6% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025.

Los ensayos con 6% de adición de cenizas se ejecutaron siguiendo la norma NTP 339.034, empleando probetas cilíndricas estándar de 10 cm × 20 cm, evaluadas a 7, 14 y 28 días. La Tabla 17 exhibe los hallazgos para esta dosificación.

Tabla 17.*Resistencia a la compresión de Probetas Cilíndricas - 6% (TU+AM)*

ID de Muestra	Edad (días)	f'c diseño (kg/cm ²)	Carga (Kgf)	Datos de espécimen			Res. a la comp. (kg/cm ²)		
				Altura (cm)	Ø (cm)	Área (cm ²)	f'c	f'c _{prom}	% f'c
6%(TU + AM)	7	210	15774.00	20.00	10.00	78.54	200.85		
			16224.00	20.00	10.00	78.54	206.43	201.79	96.09%
			15569.00	20.00	10.00	78.54	198.10		
	14	210	17227.00	20.00	10.00	78.54	219.36		
			16458.00	20.00	10.00	78.54	209.41	213.11	101.48%
			16548.00	20.00	10.00	78.54	210.55		
	28	210	20502.00	20.00	10.00	78.54	261.06		
			20900.00	20.00	10.00	78.54	265.93	267.72	127.49%
			21705.21	20.00	10.00	78.54	276.17		

La Tabla 17 demuestra que la dosificación del 6% registró las mayores resistencias: 201.79 kg/cm² (96.09% del f_c) a los 7 días, 213.11 kg/cm² (101.48%) a los 14 días, y 267.72 kg/cm² (127.49%) a los 28 días. Las cargas aplicadas variaron entre 15,569-16,224 kgf a los 7 días, 16,458-17,227 kgf a los 14 días, y 20,502-21,705 kgf a los 28 días. Esta dosificación superó al patrón en 19.11% a los 7 días, 17.20% a los 14 días, y 21.92% a los 28 días.

Figura 28.

Resistencia a la compresión Concreto - 6% (TU + AM)

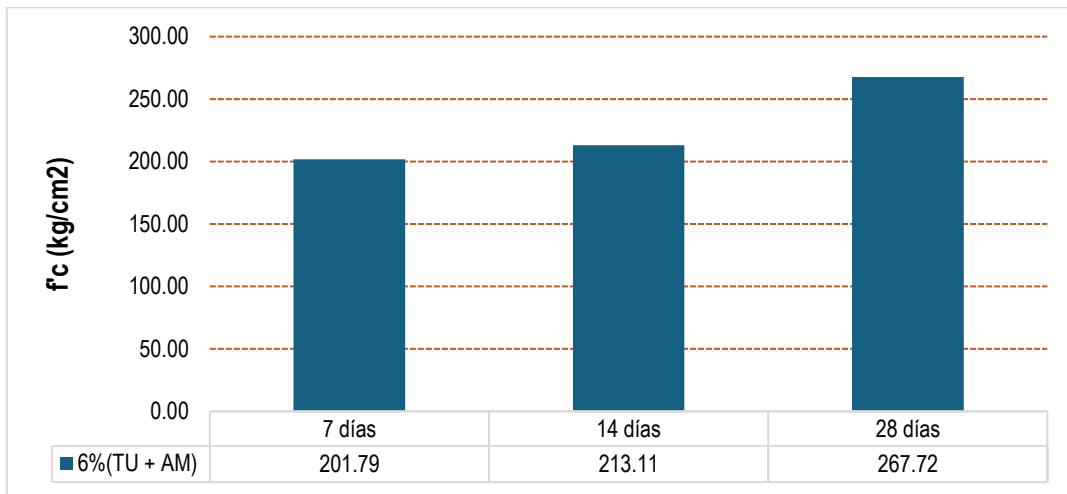
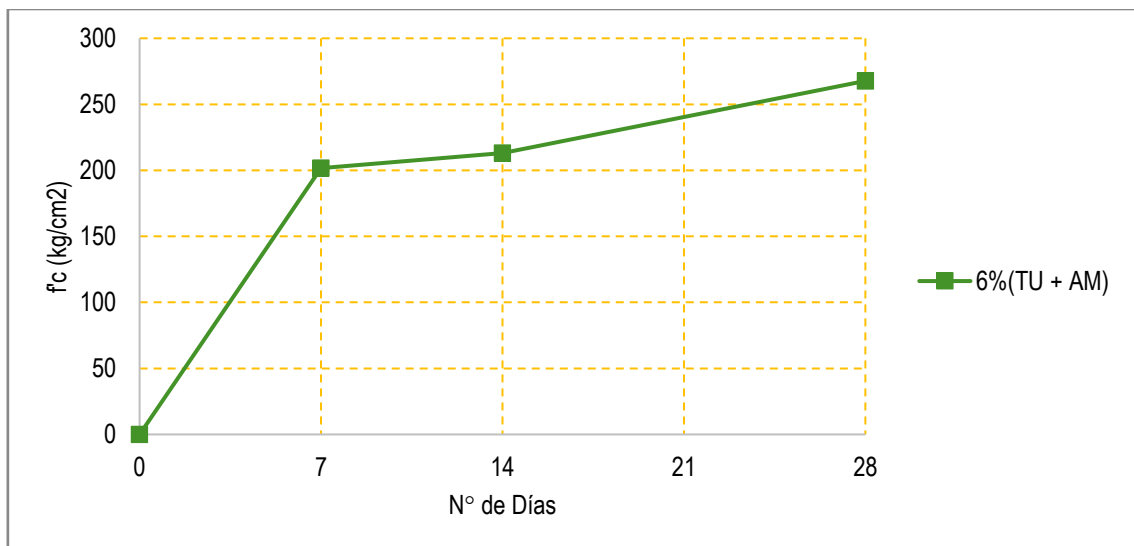


Figura 29.

Variación de la Resistencia a la compresión (Días) - 6% (TU+AM)



Las Figuras 30 y 31 ilustran el mejor desempeño entre todas las dosificaciones evaluadas. La curva de desarrollo muestra resistencias consistentemente superiores,

alcanzando 267.72 kg/cm² a los 28 días, lo que representa el máximo aprovechamiento de la actividad puzolánica de las cenizas de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha.

Contrastación de hipótesis

Para determinar si "Existe influencia significativa de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 6% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025", se realizaron pruebas estadísticas de normalidad mediante Shapiro-Wilk ($n < 50$ datos), homogeneidad de varianzas y ANOVA. Se trabajó con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$) para evaluar las diferencias entre el concreto patrón y la dosificación del 6%.

Tabla 18.

Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk - 6%(TU+AM)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
6% (TU + AM)	0.827	6	0.102

La Tabla 18 presenta los hallazgos del test de normalidad Shapiro-Wilk para la dosificación del 6%. El estadístico obtenido es 0.827 con un valor de significancia de 0.102, superior al nivel crítico de 0.05. Esto indica que los datos de "F'c" para la mezcla con 6% de cenizas siguen una distribución normal, cumpliendo con el supuesto de normalidad requerido para aplicar análisis paramétricos.

Tabla 19.

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas - 6% (TU+AM)

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
6% (TU + AM)	Se basa en la media	2.803	1	4	0.169
	Se basa en la mediana	1.000	1	4	0.374
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.000	1	2.421	0.407
	Se basa en la media recortada	2.649	1	4	0.179

La Tabla 19 muestra los hallazgos de la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas. En todas las opciones evaluadas (basada en la media, mediana, mediana con gl ajustado, y media recortada), los valores de significancia oscilan entre 0.169 y 0.407, todos superiores a 0.05. Esto confirma que existe homogeneidad de varianzas entre los grupos comparados, cumpliendo con el segundo supuesto necesario para el análisis ANOVA.

Tabla 20.*ANOVA de un factor para resistencia a la compresión - 6% (TU+AM)*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3475.708	1	3475.708	102.475	0.001
Dentro de grupos	135.671	4	33.918		
Total	3611.379	5			

La Tabla 20 presenta el análisis ANOVA de un factor, revelando una suma de cuadrados entre grupos de 3475.708 con 1 grado de libertad, y una suma de cuadrados dentro de grupos de 135.671 con 4 gl. La media cuadrática entre grupos es 3475.708, mientras que dentro de grupos es 33.918. El valor F calculado es 102.475 con un nivel de significancia de 0.001, muy inferior a 0.05. Esto demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre el concreto patrón y la dosificación del 6%.

Conclusión:

Con base en los hallazgos recabados, donde el valor de significancia del ANOVA ($p = 0.001$) es menor al nivel crítico ($\alpha = 0.05$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. Por lo tanto, se concluye que existe influencia significativa de la ceniza de *Tillandsia Usneoides* y *Acacia Macracantha* al 6% de adición en el “F’c” de un concreto simple, Piura, 2025.

Objetivo Específico 3: Determinar la influencia de la ceniza de *Tillandsia Usneoides* y *Acacia Macracantha* al 8% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025.

Para la dosificación del 8% se realizaron ensayos según la norma NTP 339.034 sobre probetas de 10 cm de diámetro y 20 cm de alto, a edades de 7, 14 y 28 días. La Tabla 21 consolida los hallazgos para esta proporción.

Tabla 21.*Resistencia a la compresión de Probetas Cilíndricas - 8% (TU+AM)*

ID de Muestra	Edad (días)	f’c diseño (kg/cm ²)	Carga (Kgf)	Datos de espécimen			Res. a la comp. (kg/cm ²)		
				Altura (cm)	Ø (cm)	Área (cm ²)	f’c	f’c _{prom}	% f’c
8%(TU + AM)	7	210	15382.00	20.00	10.00	78.54	195.86		
			15665.00	20.00	10.00	78.54	199.32	193.98	92.37%
			14679.00	20.00	10.00	78.54	186.77		
	14	210	15767.00	20.00	10.00	78.54	200.76		
			15900.00	20.00	10.00	78.54	202.31	204.34	97.30%
			16500.13	20.00	10.00	78.54	209.95		
	28	210	19416.00	20.00	10.00	78.54	247.23		
			20158.00	20.00	10.00	78.54	256.49	249.44	118.78%
			19224.00	20.00	10.00	78.54	244.60		

La Tabla 21 indica que la mezcla con 8% de cenizas obtuvo resistencias de 193.98 kg/cm² (92.37% del f_c) a los 7 días, 204.34 kg/cm² (97.30%) a los 14 días, y 249.44 kg/cm² (118.78%) a los 28 días. Las cargas de rotura se situaron entre 14,679-15,665 kgf a los 7 días, 15,767-16,500 kgf a los 14 días, y 19,224-20,158 kgf a los 28 días. Respecto al patrón, se registraron incrementos de 14.52% a los 7 días, 12.39% a los 14 días, y 13.60% a los 28 días, valores similares al 4% pero inferiores al 6%.

Figura 30.

Resistencia a la compresión Concreto - 8% (TU + AM)

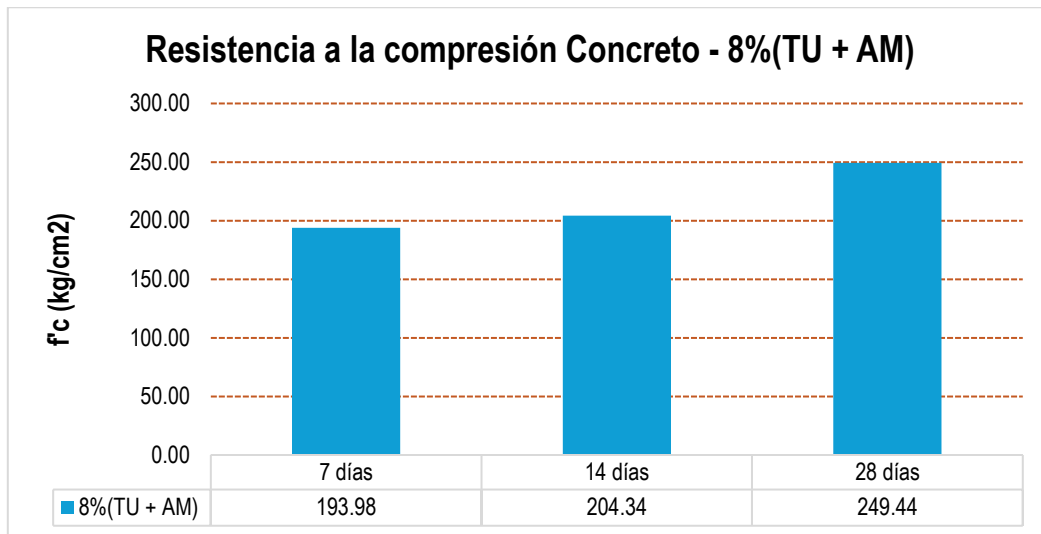
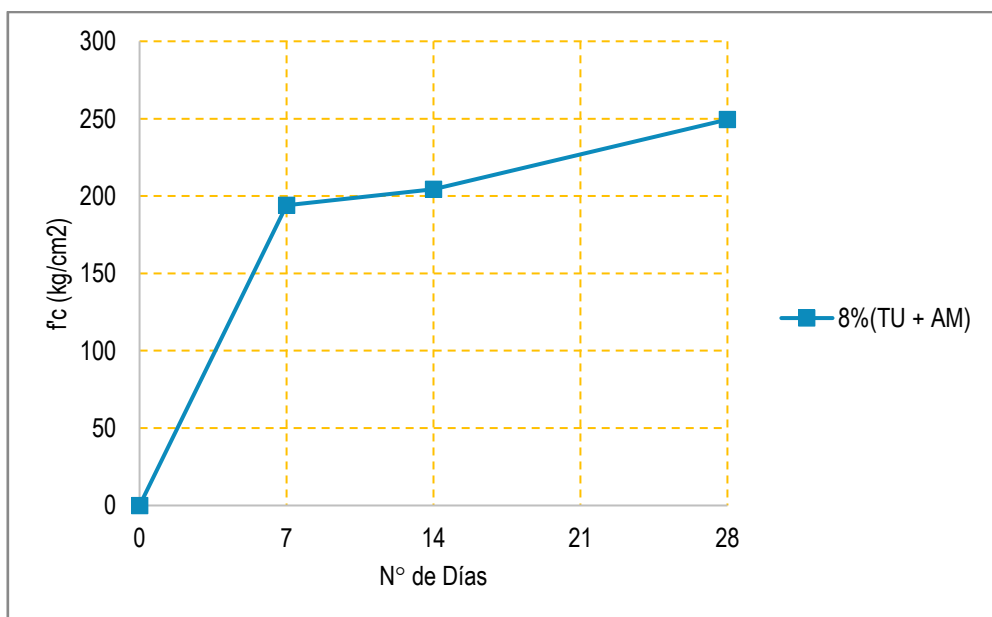


Figura 31.

Variación de la Resistencia a la compresión (Días) - 8% (TU+AM)



Las Figuras 32 y 33 muestran que la dosificación del 8% presenta resistencias superiores al patrón pero inferiores al 6%, evidenciando que porcentajes de adición mayores al 6% no generan beneficios adicionales. Esto se atribuye al exceso de sustitución de cemento, lo que limita la disponibilidad de hidróxido de calcio necesario para la reacción puzolánica.

Contrastación de hipótesis

Para determinar si "Existe influencia significativa de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 8% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025", se realizaron pruebas estadísticas de normalidad mediante Shapiro-Wilk ($n < 50$), homogeneidad de varianzas y ANOVA. Se trabajó con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$) para evaluar las diferencias entre el concreto patrón y la dosificación del 8%.

Tabla 22.

Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk - 8%(TU+AM)

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
8% (TU + AM)	0.870	6	0.227

La Tabla 22 presenta los hallazgos del test de normalidad Shapiro-Wilk para la dosificación del 8%. El estadístico obtenido es 0.870 con un valor de significancia de 0.227, superior al nivel crítico de 0.05. Esto indica que los datos de "F'c" para la mezcla con 8% de cenizas siguen una distribución normal, cumpliendo con el supuesto de normalidad requerido para aplicar análisis paramétricos.

Tabla 23.

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas - 8% (TU+AM)

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
8% (TU + AM)	Se basa en la media	2.663	1	4	0.178
	Se basa en la mediana	0.487	1	4	0.524
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.487	1	2.483	0.545
	Se basa en la media recortada	2.416	1	4	0.195

La Tabla 23 muestra los hallazgos de la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas. En todas las opciones evaluadas (basada en la media, mediana, mediana con gl ajustado, y media recortada), los valores de significancia oscilan entre 0.178 y 0.545, todos superiores a 0.05. Esto confirma que existe homogeneidad de

varianzas entre los grupos comparados, cumpliendo con el segundo supuesto necesario para el análisis ANOVA.

Tabla 24.

ANOVA de un factor para resistencia a la compresión - 8% (TU+AM)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1337.131	1	1337.131	56.466	0.002
Dentro de grupos	94.721	4	23.680		
Total	1431.85148	5			

La Tabla 24 presenta el análisis ANOVA de un factor, revelando una suma de cuadrados entre grupos de 1337.131 con 1 grado de libertad, y una suma de cuadrados dentro de grupos de 94.721 con 4 gl. La media cuadrática entre grupos es 1337.131, mientras que dentro de grupos es 23.680. El valor F calculado es 56.466 con un nivel de significancia de 0.002, muy inferior a 0.05. Esto demuestra que existen diferencias significativas estadísticamente entre el concreto patrón y la dosificación del 8%.

IV. DISCUSIÓN

En la presente investigación, el concreto patrón alcanzó 219.58 kg/cm² a los 28 días. La incorporación del 4% de cenizas de *Tillandsia Usneoides* y *Acacia Macracantha* logró 251.36 kg/cm², representando un incremento del 14.48%. La dosificación del 6% obtuvo 267.72 kg/cm², siendo el mejor resultado con un incremento del 21.92%. Por su parte, el 8% alcanzó 249.44 kg/cm², con un incremento del 13.60%, valor inferior al 6% pero superior al patrón. Estos resultados demuestran que existe un porcentaje óptimo de sustitución en el 6%, superando tanto a dosificaciones menores como mayores.

La incorporación del 4% en la presente investigación logró 251.36 kg/cm² a los 28 días. En contraste, Céspedes Mejía (2023) evaluó 4%, 7%, 10% y 13% de ceniza de faique, encontrando que su dosificación óptima fue el 10% con 362.55 kg/cm², valor muy superior al 4% del presente estudio (251.36 kg/cm²). El mismo autor también evaluó 4% obteniendo valores inferiores a su óptimo del 10%, lo que indica que la ceniza de faique pura requiere porcentajes mayores para alcanzar su máximo desempeño, mientras que en el presente estudio con la combinación de *Tillandsia* y *Acacia*, el mejor resultado se obtuvo con el 6% (267.72 kg/cm²), un porcentaje menor.

Asimismo, Angaspilco et al. (2021) reportaron que el 5% de ceniza de carbón alcanzó 231 kg/cm², valor inferior al 4% del presente estudio (251.36 kg/cm²). Los mismos autores encontraron que el 10% alcanzó 200 kg/cm² y el 15% descendió a 192 kg/cm², evidenciando que las cenizas de carbón tienen un rango óptimo entre 3% a 6%, mientras que en el presente estudio el 4% (251.36 kg/cm²), 6% (267.72 kg/cm²) y 8% (249.44 kg/cm²) todos superaron los valores de las cenizas de carbón, demostrando mejor comportamiento puzolánico de las cenizas de *Tillandsia* y *Acacia*.

Por otro lado, Ruiz y Yupanqui (2022) trabajaron con 1%, 3% y 5% de ceniza de cabuya, siendo el 1% el que alcanzó 469.93 kg/cm², valores muy superiores al 4% del presente estudio (251.36 kg/cm²) y también superiores al 6% (267.72 kg/cm²) y al 8% (249.44 kg/cm²). Esto sugiere que la ceniza de cabuya tiene mayor actividad puzolánica que la combinación de *Tillandsia* y *Acacia*. Los autores encontraron que porcentajes mayores al 1% disminuyeron la resistencia, lo que contrasta con el presente estudio donde el 6% superó al 4%.

De igual manera, Rodríguez y Tibabuzo (2020) evaluaron 3% y 5% de ceniza de cascarilla de arroz, obteniendo resistencias ligeramente inferiores al patrón con reducciones del 2% y 1% respectivamente. Estos resultados contrastan con el incremento del 14.48% logrado en el presente estudio con el 4% (251.36 kg/cm² vs 219.58 kg/cm² del patrón), demostrando la superioridad de las cenizas de Tillandsia y Acacia. Los autores atribuyeron sus bajos resultados a la falta de procesos previos de molienda y tamizado de las cenizas.

La dosificación del 6% en esta investigación obtuvo 267.72 kg/cm² a los 28 días, el mejor resultado. De manera similar, Núñez (2024) empleó 6% de ceniza de rastrojo de maíz alcanzando 256.77 kg/cm², valor cercano al presente estudio (267.72 kg/cm²). El mismo autor reportó que el 8% alcanzó solo 210.93 kg/cm², muy inferior al 6% (256.77 kg/cm²), patrón similar al presente estudio donde el 8% (249.44 kg/cm²) fue inferior al 6% (267.72 kg/cm²). Además, Núñez reportó que el 10% y 12% alcanzaron 207.27 y 206.89 kg/cm² respectivamente, valores que no alcanzaron el límite inferior de resistencia de diseño de 228 kg/cm², demostrando que a mayor cantidad de ceniza disminuye la resistencia.

Asimismo, Bautista (2024) utilizó 5%, 10% y 15% de ceniza de faique en concreto $f_c = 280$ kg/cm², encontrando que el 15% fue su mejor dosificación logrando 406.7 kg/cm². Aunque el 5% (cercano al 6% del presente estudio) también mostró buenos resultados, el valor absoluto de Bautista es superior (406.7 kg/cm² vs 267.72 kg/cm²) debido a la mayor resistencia de diseño empleada (280 kg/cm² vs 210 kg/cm²). Esto indica que la ceniza de faique pura alcanza mejores resultados en porcentajes más altos, mientras que la combinación de Tillandsia y Acacia del presente estudio alcanzó su mejor resultado en el 6%.

De igual forma, Caruajulca Vásquez y Rojas Tucunango (2024) evaluaron ceniza de faique encontrando que el 5% optimizó la resistencia a la compresión, porcentaje muy cercano al 6% del presente estudio (267.72 kg/cm²), mientras que el 10% fue más eficiente frente a la abrasión. Esto evidencia que diferentes porcentajes son óptimos según la propiedad evaluada. Por su parte, Sánchez (2023) trabajó con 5%, 10% y 15% de cenizas de hojas de banano en $f_c = 210$ kg/cm², la misma resistencia de diseño que el presente estudio, reportando incrementos de hasta 142.23%, valores muy superiores al 21.92% obtenido con el 6% en esta investigación (267.72 kg/cm²), sugiriendo que las

cenizas de banano poseen excepcional actividad puzolánica comparada con la combinación de Tillandsia y Acacia.

La adición del 8% en esta investigación alcanzó 249.44 kg/cm² a los 28 días, inferior al 6% (267.72 kg/cm²). En comparación, García et al. (2023) emplearon exactamente 8% de ceniza de madera Copaiba logrando 308.73 kg/cm² con un incremento del 9.04% respecto a su patrón de 288.13 kg/cm² en concreto $f_c = 280$ kg/cm². El incremento porcentual del 8% en el presente estudio fue 13.60%, superior al 9.04% de García et al., lo que sugiere mejor desempeño de la combinación Tillandsia-Acacia al 8% a pesar de que el valor absoluto de García et al. es mayor por la diferencia en resistencia de diseño.

Asimismo, Muñoz et al. (2024) concluyeron mediante revisión de 80 artículos que el 10% de cenizas volantes es la dosificación óptima en hormigón simple, porcentaje superior al 8% del presente estudio (249.44 kg/cm²). Esto indica que las cenizas volantes industriales pueden soportar mayores sustituciones que la combinación de Tillandsia y Acacia, cuyo mejor resultado fue el 6% (267.72 kg/cm²). De igual manera, Correa et al. (2023) determinaron mediante revisión sistemática de 80 artículos que porcentajes entre 5% al 15% de cenizas de madera permiten incrementos del 76%, valor muy superior al 21.92% del presente estudio con el 6%, lo que sugiere que otras cenizas de madera evaluadas en la literatura tienen mayor actividad puzolánica.

Asimismo, Babalu et al. (2023) encontraron que el 30% de ceniza volante incrementó la resistencia en 20.35% alcanzando 46 N/mm² (469.16 kg/cm²), similar al incremento del 21.92% con 6% del presente estudio (267.72 kg/cm²). Sin embargo, los porcentajes del 40%, 50%, 60% y 70% mostraron reducciones de 1.17%, 3.50%, 8.13% y 23.46% respectivamente. Esto explica por qué el 8% del presente estudio (249.44 kg/cm²) mostró valores inferiores al 6% (267.72 kg/cm²): el exceso de sustitución reduce el Ca(OH)₂ disponible.

Gaikwad y Sathe (2023) analizaron más de 100 artículos evidenciando que reemplazos del 10% al 20% de ceniza volante mostraron resistencias superiores o equivalentes al concreto de control a los 28 días. El presente estudio con 4% (251.36 kg/cm²), 6% (267.72 kg/cm²) y 8% (249.44 kg/cm²) se encuentra por debajo de este rango, confirmando que la combinación de Tillandsia y Acacia alcanza su mejor desempeño en porcentajes menores que las cenizas volantes industriales.

Gonçalves et al. (2021) evaluaron 15% y 30% de cenizas de biomasa vegetal (eucalipto, bagazo de caña y cascarilla de arroz), encontrando que el 15% mostró mejor desempeño que el 30%, especialmente con ceniza de cáscara de arroz. El presente estudio con 6% (267.72 kg/cm²) demuestra que porcentajes menores al 15% son más efectivos para la combinación de Tillandsia y Acacia. En el contexto local, Vilcherrez y Zapata (2022) evaluaron 5%, 10% y 15% de nano cenizas de hojas de plátano, obteniendo 217, 189.4 y 112.10 kg/cm² respectivamente vs 234.10 kg/cm² del patrón. En contraste, el presente estudio con 4% (251.36 kg/cm²), 6% (267.72 kg/cm²) y 8% (249.44 kg/cm²) todos superaron al patrón (219.58 kg/cm²), demostrando que el tamaño nano afecta negativamente el desempeño.

El análisis estadístico ANOVA confirmó diferencias significativas para las tres dosificaciones: 4% ($p = 0.000$), 6% ($p = 0.001$) y 8% ($p = 0.002$), todas inferiores a $\alpha = 0.05$, validando que existe influencia significativa de las cenizas de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha. Los resultados demuestran que el 6% fue la dosificación que dio mejores resultados, superando en 21.92% al patrón y alcanzando 267.72 kg/cm², valor que representa el 127.49% de la resistencia de diseño de 210 kg/cm².

V. CONCLUSIONES

La incorporación del 4% de cenizas de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha* alcanzó 251.36 kg/cm² a los 28 días, representando un incremento del 14.48% respecto al concreto patrón (219.58 kg/cm²). El análisis ANOVA confirmó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.000 < 0.05$), validando que existe influencia significativa de esta dosificación en la resistencia a la compresión del concreto simple. Los resultados demuestran que el 4% es técnicamente viable y ofrece beneficios al reducir el consumo de cemento sin comprometer la resistencia estructural.

La incorporación del 6% de cenizas de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha* alcanzó 267.72 kg/cm² a los 28 días, siendo el mejor resultado con un incremento del 21.92% respecto al concreto patrón (219.58 kg/cm²), valor que representa el 127.49% de la resistencia de diseño de 210 kg/cm². El análisis ANOVA confirmó diferencias altamente significativas ($p = 0.001 < 0.05$), validando que el 6% es la dosificación óptima que maximiza la resistencia a la compresión, superando tanto a dosificaciones menores (4%) como mayores (8%).

La incorporación del 8% de cenizas de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha* alcanzó 249.44 kg/cm² a los 28 días, con un incremento del 13.60% respecto al concreto patrón (219.58 kg/cm²), valor inferior al 6% (267.72 kg/cm²) pero superior al 4% (251.36 kg/cm²) y al patrón. El análisis ANOVA confirmó diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.002 < 0.05$), evidenciando que porcentajes superiores al 6% disminuyen la resistencia por exceso de sustitución de cemento, lo que reduce la disponibilidad de Ca(OH)₂ necesario para las reacciones puzolánicas.

La incorporación de cenizas de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha* mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto simple. Las tres dosificaciones evaluadas (4%, 6% y 8%) superaron al concreto patrón, siendo la dosificación del 6% la que alcanzó el mejor desempeño con 267.72 kg/cm² (+21.92% vs patrón) a los 28 días. El análisis estadístico ANOVA confirmó diferencias significativas para todas las dosificaciones ($p < 0.05$), validando que existe influencia significativa de las cenizas de *Tillandsia Usneoides* y *Acacia Macracantha* en la resistencia a la compresión de un concreto simple, con el 6% como dosificación óptima que maximiza los beneficios técnicos y ambientales de esta sustitución parcial de cemento.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda optimizar el protocolo de calcinación incrementando temperaturas superiores a 750°C durante 3 horas para eliminar materia orgánica residual. Realizar ensayos complementarios de reactividad álcali-agregado (ASTM C1260/C1293) para caracterizar aún mejor las propiedades puzolánicas de las cenizas.

Se recomienda explorar diseños con aditivos superplastificantes para compensar demanda hídrica y evaluar sustituciones del 10% al 15% siguiendo recomendaciones internacionales. Desarrollar análisis de disponibilidad estacional de materiales en Piura e impacto ambiental mediante estudios de ciclo de vida.

Se recomienda implementar aditivos plastificantes (0.5%-1.5% del peso del cemento) para restaurar trabajabilidad en mezclas con 6% y 8% de cenizas. Realizar ensayos complementarios de exudación y segregación (NTP 339.185, ASTM C403), y evaluar efectos de condiciones climáticas locales de Piura sobre propiedades del concreto fresco.

Se recomienda implementar el diseño con 6% de cenizas de *Tillandsia usneoides* y *Acacia macracantha* como alternativa estándar para concreto estructural $f_c = 210$ kg/cm² en Piura. Realizar ensayos complementarios de durabilidad (ataque de sulfatos, permeabilidad, carbonatación) y propiedades mecánicas adicionales (módulo de elasticidad) para caracterización completa del material.

Se recomienda desarrollar estudios de análisis de ciclo de vida (ACV) siguiendo ISO 14040/14044 y evaluar disponibilidad estacional de materiales en Piura. Establecer protocolos estandarizados de calcinación (750°C, 3 horas) para garantizar control de calidad y explorar sinergias con programas de valorización de residuos agrícolas regionales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI211. (2001). Método del diseño de mezcla. Instituto Americano del Concreto.
- ACI306R-88. (2002). Concreto en clima frío. 23. Lima, Perú.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de Investigación. Introducción a la metodología Científica* (6TA ed.). Caracas, Venezuela: Episteme C,A.
- ASTMC192. (2014, Agosto 01). Molde y curado de especímenes de Concreto en Laboratorio. 04.02. doi:10.1520/C0192_C0192M-14
- ASTMC31/C31M-03. (2003, FEB 10). Práctica Normalizada para la prep. y curado de especímenes de Concreto en Laboratorio. *Anuario de Normas de la ASTM*, 04.02. Tratto da <https://www.astm.org>
- ASTMC496-11. (2017, Noviembre 02). Método de prueba estándar para determinar la resistencia a la tracción por hendidura de muestras cilíndricas de hormigón. 04.02, 5. Tratto da <http://www.astm.org>
- Bach, A. (2023). *Estudio de las Propiedades Físico Mecánicas del Concreto en estado Fresco y Endurecido adicionando Fibras de Bambú*. Tesis, Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Pimentel.
- Bravo, S. (2001). *Técnicas de Investigación Social. Teoría y ejercicios*. Madrid: Parainfo.
- Castillo, A. (2013). *Tecnología del Concreto*. Lima, San Marcos.
- Coronel, Y., Altamirano, L., & Muñoz, S. (2021). Cenizas y fibras utilizadas en la elaboración de concreto ecológico: una revisión de la literatura. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 321-329.
- Correa, A., Hurtado, A., & Muñoz, S. (2023). Revisión sistemática de las propiedades físico-mecánicas del hormigón con incorporación de ceniza de madera. *Ingeniería y competitividad revista científica y tecnológica*, <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.11825>.
- Espinoza, E., & Calva, D. (2020, Jul.-Ago 02). La ética en las investigaciones educativas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 333-340.
- Gonçalves, C. F., Soares, A. F., & Paula, H. M. (2021). Caracterización y viabilidad del uso de cenizas de biomasa vegetal en mortero. *Revista ALCONPAT*, 11, 1-16.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGRAW-HILL.

- Huachez, W., & Sondor, A. (2023). *Adición de ceniza de tallo de bambú para mejorar las propiedades mecánicas del concreto $f'c=280$ kg/cm²*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Piura.
- Jiménez, M. Á., & Torres, F. A. (2020). Análisis sistemático de literatura – Analisis de un concreto convencional con un concreto con material alternativo (Bagazo de caña de azúcar). *Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Civil, Santa Marta*. Tratto da <https://hdl.handle.net/20.500.12494/17819>
- Muñoz, S., Lozano, J., Ramírez, D., Vallejo, J., & Malpartida, J. (2023). *El Uso y efecto de las cenizas volantes en el concreto: Una revisión literaria*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. doi:DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20230927>
- Muñoz, S., Lozano, J., Ramírez, D., Vallejos, J., & Juan, M. (2024). Use and effect of fly ash in Concrete: a literature review. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquía*, 105-118.
- NTP339.034. (2015). Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
- NTP339.088. (2014). Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland. Requisitos.
- NTP339.185. (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- NTP400.017. (2011). Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados.
- NTP400.022. (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.
- NTP400.037. (2018, enero 30). AGREGADOS. Agregados de concreto, agregado fino, agregado grueso. *4ta*, 23.
- Núñez, W. (2024). *Estudio de la resistencia a compresión del hormigón simple reemplazo parcial de puzolanas obtenida de la calcinación de rastrojo de maíz*. tesis de pregrado, Ambato, Ecuador.
- Rivva, E. (2007). *Diseño de Mezclas " Tecnología del Concreto "*. Lima-Perú.
- Rodgers, L. (2018). La enorme fuente de emisión de CO₂ que está por todas las partes y que quizás no conocías. *BBC NEWS MUNDO*. Tratto da <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>

- Rodríguez, A., & Tibabuzo, M. P. (2020). *Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidráulico [Tesis de titulación, Universidad Santo Tomás]*. Repositorio institucional. Tratto da <http://hdl.handle.net/11634/15589>
- Rodriguez, M., & Santillana, N. (2021). MORPHOLOGICAL AND BIOLOGICAL QUALITY OF *Pinus radiata* D. Don, MYCORRHIZED WITH *Scleroderma verrucosum* (Vail) Pers. AND *Rhizopogon luteolus* Fr. & Nordh. IN GREENHOUSE CONDITIONS. *Ecología Aplicada* , 20(2). doi:<https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1809>
- Royal Botanic Gardens. (2016). *Plants of the World*. Tratto da <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:1169665-2/general-information#uses>
- Ruíz, R., & Yupanqui, D. (2022). *Influencia de la adición de ceniza de cabuya al 1%, 3% y 5% en las propiedades físicas y mecánicas del concreto F'C=210 Kg/cm², Ayacucho*. tesis de pregrado, Universidad Continental, Ayacucho.
- Sanchez, M. (2023). *Adición de cenizas de hojas de banano, para mejorar el comportamiento físico mecánico de concreto f_c=210 kg/cm²*. Tesis de Pregrado, Sullana- Piura.
- Vilcherrez, A., & Zapata, P. (2022). *Efectos del uso de nano cenizas de hojas de plátano reciclada en el comportamiento del concreto del pavimento rígido*. Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo, Piura.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES
<p>Problema General ¿Cuál es la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025?</p> <p>Problemas Específicos ¿Cuál es la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 4% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025? ¿Cuál es la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 6% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025? ¿Cuál es la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 8% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025?</p>	<p>Hipótesis General Existe influencia significativa de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025.</p> <p>Hipótesis Específicas Existe influencia significativa de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 4% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025. Existe influencia significativa de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 6% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025. Existe influencia significativa de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 8% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025.</p>	<p>Objetivo General Determinar la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025.</p> <p>Objetivos Específicos Determinar la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 4% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025. Determinar la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 6% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025. Determinar la influencia de la ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha al 8% de adición en la resistencia a la compresión de un concreto simple, Piura, 2025.</p>	<p>V.I. Tamo Ceniza de Tillandsia Usneoides Ceniza de Acacia Macracantha</p> <p>V.D. Resistencia a la compresión</p>	<p>D1: 4% de adición D2: 6% de adición D3: 8% de adición</p> <p>Resistencia a la compresión</p>

Anexo 2: Cuadro de operacionalización/categorización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones
<p>Variable Independiente Ceniza de Tillandsia Usneoides Ceniza de Acacia Macracantha.</p>	<p>Las cenizas de Tillandsia usneoides y Acacia Macracantha, se obtienen al someter estas plantas a una temperatura específica, lo que convierte sus componentes en compuestos minerales (Royal Botanic Gardens, 2016).</p>	<p>En términos operacionales se realizará la búsqueda, recolección y secado de la Tillandsia Usneoides y Acacia Macracantha, con la finalidad de quemarlas a altas temperaturas controladas para evitar que pierdan sus propiedades como fósforo y magnesio, etc.</p>	<p>4% de adición 6% de adición 8% de adición</p>
<p>Variable Dependiente Resistencia a la compresión</p>	<p>Según Del Real (2017), la resistencia a la compresión es la fuerza axial sometida por unidad de área aplicada sobre un testigo de concreto.</p>	<p>La resistencia a la compresión del concreto con porcentaje de 0%, 4%, 6% y 8% ceniza de Tillandsia Usneoides y Acacia macracantha, se determinarán siguiendo las normas técnicas peruanas (NTP) e internacionales (ASTM).</p>	<p>Resistencia a la compresión</p>

Anexo 3: ensayos de agregados.



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
 ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
 REGISTRO INDECOPI - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIP: 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-03-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM², PURA 2025.	
SOLICITA	RR. ADOLFO ANTONIO GL. ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
 (NTP 338.166)

IDENTIFICACION	MUESTRA	PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr)	PESO SUELO SECO + TARA (gr)	PESO TARA (gr)	PESO AGUA (gr)	PESO SUELO SECO (gr)	% DE HUMEDAD
CANTERA CERRO MOCHO - ARENA GRUESA	M - 1	1870.92	1870.58	330.54	0.34	1540.04	0.02
CANTERA SOJO- PIEDRA CHANCADA	M - 1	3167.78	3167.51	326.08	0.27	2841.43	0.01



Diego José Torres Rivas
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 21291



Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP 120191



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
REGISTRO INDECOPI - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA — INGENIERO GEOLOGO — CIP: 120191

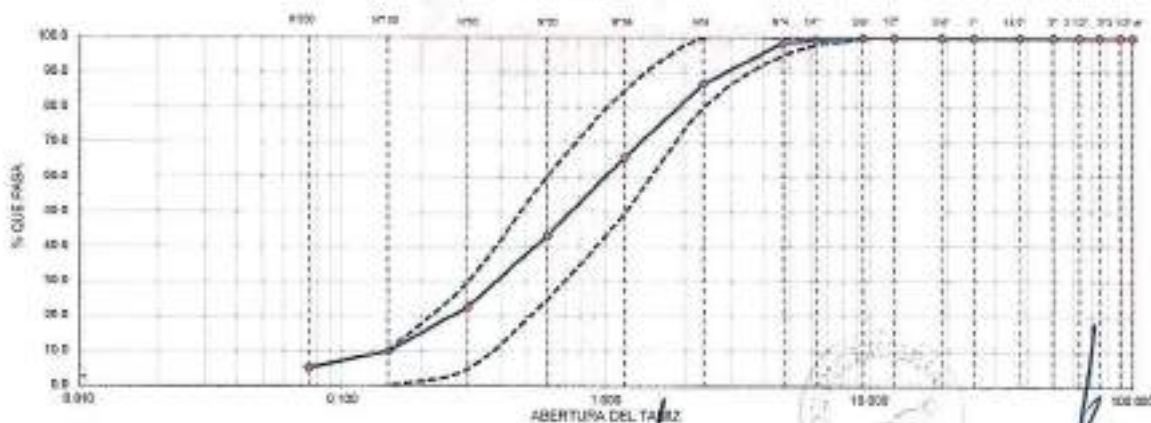
INFORME DE ENSAYO N° 022-02-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MADRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO F'CD=16 HGACM, PURA 2025	
SOLICITA	DR. ADOLFO ANTONIO DEL ADRAMZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025
CANTERA MUESTRA MATERIAL	CERRO MOCHO M 1 AGRREGADO FINO	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGRREGADO FINO (MTP 480.813)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		ESPECIFICACIONES		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA										
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)	PESO SECA (g)	% DE HUMEDAD	TAMAÑO MÁXIMO (")	GRAVA (Pasa 3", Retiene N°4)	ARENA (Pasa N°4, Retiene N°200)	% PASANTE N° 200	MÓDULO DE FINESZA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
4"	100.000	0.0	0.0	0.0	100.0			302.00	0.00									
3 1/2"	90.000	0.0	0.0	0.0	100.0													
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0													
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0													
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0													
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0													
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0													
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0													
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0													
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0													
1/4"	6.300	1.94	0.6	0.6	99.4	100	100											
N° 4	4.750	2.32	0.8	1.4	98.6	95	100											
N° 8	2.360	34.90	11.4	13.0	87.0	80	100											
N° 16	1.180	64.04	21.3	34.4	65.6	60	80											
N° 30	0.600	87.38	29.5	50.8	49.2	35	60											
N° 60	0.250	91.92	30.3	77.2	22.8	5	30											
N° 100	0.150	98.48	12.9	86.0	14.0	0	10											
N° 200	0.075	14.23	4.7	94.8	5.2													
MUESTRA		76.73	9.2	100.0	0.0													

Análisis granulométrico



1. OBSERVACIONES
Ensayo efectuado al material en estado seco.

Diego José Torres Rivas
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 257673

Jose Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP 120191



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
REGISTRO INDECOPI - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIP: 120191

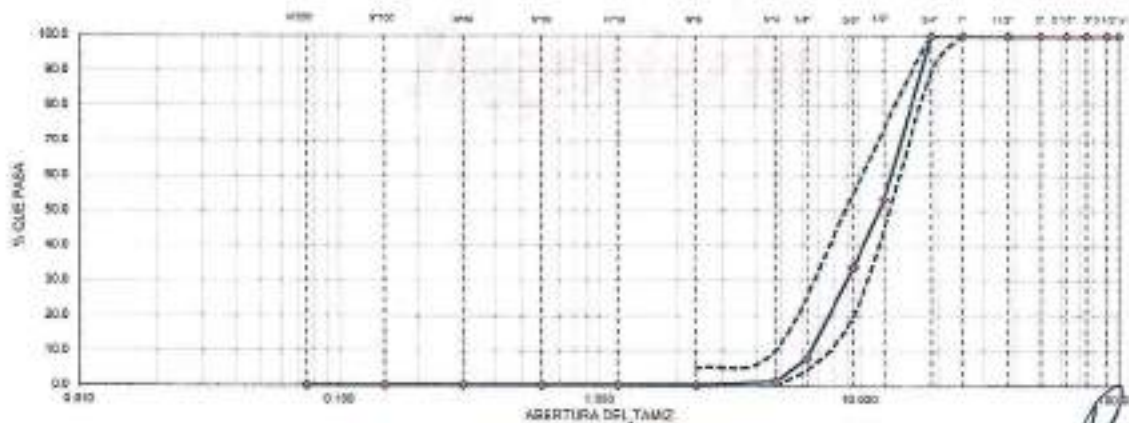
INFORME DE ENSAYO N° 022-03-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDRIA UMBRODES Y ACACIA MACRADANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO F'c=18 KG/CM ² , PLURA 2025	
SOLICITA	DR. ADOLFO ANTONIO DEL ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025
CARRERA	SOJO	
MUESTRA	M 1	
MATERIAL	ASFALTADO CEMENTO	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO
(ART 408.912)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO		ESPECIFICACIONES - HUBO 87		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
				RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	MÍNIMO (%)	MÁXIMO (%)	PESO P.C. (g)	T.T.M. (g)
4"	100.000	0.0	0.0	0.0	100.0			PESO P.C. (g)	7.714.00
3 1/2"	90.000	0.0	0.0	0.0	100.0			% DE HUMEDAD	0.01
3"	76.000	0.0	0.0	0.0	100.0			BOLEOS (Mayor 3") (%)	0.1
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0			OPAVA (Pasa 3", retiene N°4)	98.9
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0			ARENAS (Pasa N°4, retiene N°20)	1.1
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0			% PASANTE N° 200	0.1
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0			TAMANO MÁXIMO	30
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	TAMANO MÁXIMO NOMINAL	1.0
1/2"	12.500	3050.0	48.8	48.8	51.2	90	100	MÓDULO DE FINEZA	-
3/8"	9.500	1450.0	19.4	66.2	33.8	20	55	OBSERVACIONES	
1/4"	6.000	2000.0	26.0	92.2	7.8	0	0		
N° 4	4.750	517.0	6.7	98.9	1.1	0	19		
N° 8	2.360	73.00	1.0	99.9	0.1	0	0		
N° 16	1.180	0.0	0.0	99.9	0.1				
N° 30	0.600	0.0	0.0	99.9	0.1				
N° 50	0.300	0.0	0.0	99.9	0.1				
N° 100	0.150	0.0	0.0	99.9	0.1				
N° 200	0.075	3.51	0.5	99.9	0.1				
BARREJA		5.49	0.1	100.0	0.0				

Análisis granulométrico



Observación: El ensayo se realizó en el laboratorio.



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLÓGICOS, ESTUDIOS GEOTÉCNICOS,
ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
REGISTRO INDECOPI - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEÓLOGO – CIP: 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-04-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM ² , PIURA 2025.	
SOLICITA	BR. ADOLFO ANTONIO GIL ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS
NTP 339.131 (ASTM D854)

CANTERA	: CERRO MOCHO
MUESTRA	: M - 1

AGREGADO FINO (NTP 400.022)

DETERMINACION N°		1	2		
A	Peso del frasco más agua aforado (gr)	363.29	363.36		
B	Peso de la muestra seca al horno (gr)	148.05	148.02		
C	Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	150.00	150.00		
D	Peso del frasco más agua más muestra aforado (gr)	455.73	455.81	PROMEDIO	
PeSSS: Peso específico de masa saturada superficialmente seca		gr/cm ³	2.61	2.61	2.61
Ab: absorción de agua		((C-B)*100)/B %	1.3	1.3	1.3
Observaciones:					

CANTERA	: SOJO
MUESTRA	: M - 1

AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)

DETERMINACION N°		1	2		
A	Peso de la muestra seca en el horno (gr)	2269.00	2414.00		
B	Peso de la muestra saturada superficialmente seca al aire (gr)	2334.60	2453.25		
C	Peso de la muestra saturada superficialmente seca sumergido (gr)	1493.60	1563.37	PROMEDIO	
Pam: Peso específico de masa seca		A/(B-C) gr/cm ³	2.73	2.71	2.72
PeSSS: Peso específico de masa saturada superficialmente seca		B/(B-C) gr/cm ³	2.78	2.76	2.77
Paa: Peso específico aparente		A/(A-C) gr/cm ³	2.86	2.84	2.85
Ab: absorción de agua		((B-A)*100)/A %	1.6	1.6	1.6
Observaciones:					

Jose Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO CIVIL
CIP: 120191



Jose Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO GEÓLOGO
CIP: 120191

JR: HUANCAYELICA N° 371 CHULUCANAS – PIURA
Ctl. 948446100-938249027
jcrivasave@gmail.com

Inf: Piura – Piura
RUC: 10411458631



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
 ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD,
 REGISTRO INDECOPY - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIP: 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-05-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F' C=210 KG/CM ² , PURA 2025.	
SOLICITA	BR. ADOLFO ANTONIO GIL ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD ("PESO UNITARIO") Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS
 (NTP 400.017)

CANTERA	: CERRO MOCHO
MUESTRA	: M 1
MATERIAL	: ARENA GRUESA

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO SUELTO

IDENTIFICACION	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm ³)	PROMEDIO (gr/cm ³)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
ARENA GRUESA	M1	-	4267	4269	4247	2738	1.556

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO VARILLADO

IDENTIFICACION	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm ³)	PROMEDIO (gr/cm ³)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
ARENA GRUESA	M1	-	4712	4727	4727	2738	1.724

Observación:

Diego José Torres Rivas
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 120191



Jose Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 REG. CIP 120191



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
REGISTRO INDECOPI - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA -- INGENIERO GEOLOGO -- CIP: 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-06-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM², PIURA 2025.	
SOLICITANTE	BR. ADOLFO ANTONIO GIL ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD ("PESO UNITARIO") Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS
(NTP 400.017)

CANTERA	: SOJO
MUESTRA	: M - 1
MATERIAL	: PIEDRA CHANCADA

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO SUELTO

IDENTIFICACION	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm³)	PROMEDIO (gr/cm³)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
PIEDRA CHANCADA	M1	-	4007	3995	3975	2739	1.458
	-	-					

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO VARILLADO

IDENTIFICACION	Muestra	PROF. (m)	Peso de la Muestra (gr.)			VOL. MOLDE (cm³)	PROMEDIO (gr/cm³)
			ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3		
PIEDRA CHANCADA	M1	-	4375	4383	4348	2739	1.595

Observacion:

Diego Jose Rivas Alvarado
INGENIERO CIVIL
CIP N° 252191



Jose Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO GEOLOGO
CIP N° 120191



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD,
REGISTRO INDECOPI - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIP: 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-07-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDSIA USNEODES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM², PIURA 2025.	
SOLICITANTE	BR. ADOLFO ANTONIO GIL ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO
(Método ACI 211)

Tipo de cemento	Cemento Pasamayo Extra Forte	f'c = 210 kg/cm²
Agua		
Aditivo		
SLUMP	4"	
USO		
DISEÑO DE CONCRETO 210 kg/cm²		
I) MATERIALES:		
a. CEMENTO	Peso específico del cemento	1.58 g/cm³
b. AGREGADOS		
b-1 Gravedad		
Agregado fino		b-2 Gravedad P & "BULK" 2.95 Módulo de finura 2.75 Peso unitario seco 1000.00 kg/m³ Peso unitario compactado 1244.00 kg/m³ Contenido de humedad 0.01 % Absorción 1.30 % Tamaño Máximo Nominal 4.75"
Agregado grueso		Ag. Fino 2.70 g/cm³ Ag. Grueso 1400.00 kg/m³ 1940.00 kg/m³
II) MATERIALES POR M3 DE CONCRETO EN ESTADO SECO		
Cemento	358.80 Kg	Cemento Pasamayo Extra Forte
Agua	215.00 L	-
Agregado fino	787.44 Kg	CANTERA CERRO MOCHO
Agregado grueso	868.42 Kg	CANTERA SOJO
Aditivo		
Peso Unitario del Concreto		2278.66 kg/m³
III) MATERIALES POR M3 DE CONCRETO EN ESTADO HUMEDO (CORREGIDO POR HUMEDAD)		
Cemento	358.80 Kg	Cemento Pasamayo Extra Forte
Agua	240.28 L	-
Agregado fino	787.44 Kg	CANTERA CERRO MOCHO
Agregado grueso	868.50 Kg	CANTERA SOJO
Aditivo		
Peso Unitario del Concreto en estado humedo (corregido por humedad de los agregados)		2300.11 kg/m³
IV) RESULTADOS DEL DISEÑO		
Ajustamiento	4"	
Pesar cemento	3.1	litros
Relación ac de diseño	0.58	
Relación ac de obra	0.62	
Proporción en peso	1.0 : 2.3 : 2.3	1 26.4
Proporción en volumen	1.0 : 2.8 : 2.4	1 26.4
		Litros de cemento
		Litros de agua

V. Observaciones

Muestra e identificación realizada por el solicitante

Se hizo una corrección por humedad de los agregados



Diego Jose Torres Riva
INGENIERO CIVIL
CIP: 11° 20790



Jose Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO GEOLOGO
RIP: CIP° 125121



**SERVICIO DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
REGISTRO INDECOPI - 00114293**

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIP: 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-07.01-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDIA USNECIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FISICAS - MECANICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM ² , PIURA 2025.	
SOLICITANTE	BR. ADOLFO ANTONIO GIL ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: SEPTIEMBRE DEL 2025

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO
(Metodo ACI(211))

Tipo de cemento	Cemento Pacasmayo Extra Forte		f'c =	210	kg/cm ²
Agua					
Aditivo					
SLUMP	4"				
USO					
DISEÑO DE CONCRETO			210 kg/cm²		
I) MATERIALES:					
a) CEMENTO	Peso específico del cemento		3.15 g/cm ³		
b) AGREGADOS					
b.1) Fines	b.2) Gravas		Ag. Fino	Ag. Grueso	
Agregado fino	Módulo	P.E. "BLUK"	5.81	3.72 g/cm ³	
	CANTERA CERRO MOCHO	Módulo de finos	2.33		
		Peso unitario suelto	1596.02	1408.80 Kg/m ³	
Agregado grueso	Grava	Peso unitario compactado	1704.00	1500.00 Kg/m ³	
	CANTERA SOLI	Contenido de humedad	0.62	0.81 %	
		Absorción	1.33	1.83 %	
		Tamaño Máximo Nominal		32"	
II) MATERIALES POR M³ DE CONCRETO EN ESTADO SECO					
Cemento	371.33	Kg	Cemento Pacasmayo Extra Forte		
Agua	216.00	L	-		
Agregado fino	707.44	Kg	CANTERA CERRO MOCHO		
Agregado grueso	698.43	Kg	CANTERA SOLI		
Adición 4% Ceniza	15.47	kg	TILANDIA USNECIDES Y ACACIA MACRACANTHA		
Peso Unitario del Concreto				2303.18 kg/m ³	
III) MATERIALES POR M³ DE CONCRETO EN ESTADO HUMEDO (CORREGIDO POR HUMEDAD)					
Cemento	371.33	Kg	Cemento Pacasmayo Extra Forte		
Agua	340.21	L	-		
Agregado fino	707.68	Kg	CANTERA CERRO MOCHO		
Agregado grueso	698.50	Kg	CANTERA SOLI		
Adición 4% Ceniza	15.47	kg	TILANDIA USNECIDES Y ACACIA MACRACANTHA		
Peso Unitario del Concreto en estado húmedo (corregido por humedad de los agregados)				2297.63 kg/m ³	
IV) RESULTADOS DEL DISEÑO					
Acortamiento	4"				
Factor de bombeo	0.7		barras		
Relación aire de diseño	0.58				
Relación aire de obra	0.68				
Proporción en peso	1.0	: 3.1	: 2.4	/ 37.5	L/ bolsa de cemento
Proporción en volumen	1.0	: 3.8	: 2.6	/ 37.5	L/ bolsa de cemento

V. Observaciones:

Respecto a identificación realizados por el solicitante

En obra debe efectuarse la corrección por humedad de los agregados


 Diego J. Carlos Rivas
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 120191




 Jose Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 RUC: CIP-120191



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
REGISTRO INDECOPI - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIP: 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-07.02-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM ² , PIURA 2025.	
SOLICITANTE	BR. ADOLFO ANTONIO GIL ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO
(Método ACI 211)

Tipo de cemento	Cemento Pacasmayo Extra Forte		f'c =	210	kg/cm ²
Agua					
Aditivo					
SLUMP	4"				
USO					
DISEÑO DE CONCRETO				210	kg/m ³
I) MATERIALES:					
a. CEMENTO	Peso específico del cemento		2.95	gr/cm ³	
b. ADREGADOS					
i) Fines		D. 7.5 mm		Ag. Fino	Ag. Grueso
Agregado fino	Fines	P.A. "MUC"	2.61	2.72 gr/cm ³	
	CANTERA: CERRO MOCHO	Modulo de fines	2.75		
		Peso unitario suelto	1250.00	1450.00 Kg/m ³	
Agregado grueso	Grueso	Peso unitario compactado	1734.00	1995.00 Kg/m ³	
	CANTERA: SOJO	Contenido de humedad	0.20	0.01 %	
		Absorción	1.30	1.00 %	
		Tamaño Máximo Nominal		19"	
II) MATERIALES POR M³ DE CONCRETO EN ESTADO SECO					
Cemento	393.58	Kg	Cemento Pacasmayo Extra Forte		
Agua	215.00	L	-		
Agregado fino	707.44	Kg	CANTERA: CERRO MOCHO		
Agregado grueso	808.42	Kg	CANTERA: SOJO		
Aditivo 6 % Ceniza	23.21	kg	TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA		
Peso Unitario del Concreto	2268.45 kg/m ³				
III) MATERIALES POR M³ DE CONCRETO EN ESTADO HÚMEDO (CORREGIDO POR HUMEDAD)					
Cemento	393.58	Kg	Cemento Pacasmayo Extra Forte		
Agua	340.21	L	-		
Agregado fino	737.68	Kg	CANTERA: CERRO MOCHO		
Agregado grueso	808.39	Kg	CANTERA: SOJO		
Aditivo 6 % Ceniza	23.21	kg	TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA		
Peso Unitario del Concreto en estado húmedo (corregido por humedad) de los agregados	2279.93 kg/m ³				
IV) RESULTADOS DEL DISEÑO					
Asestamiento	:	4	-		
Factor cemento	:	3.6	bolinas		
Relación a/c de diseño	:	0.05			
Relación a/c de obra	:	0.06			
Proporción en peso	1.0	: 3.3	: 2.4	/	26.1
Proporción en volumen	1.0	: 2.1	: 2.5	/	26.1
					l/ bolsa de cemento

V. Observación:

Muestreo e identificación realizados por el solicitante
En obra debe efectuarse la corrección por humedad de los agregados





INFORME DE ENSAYO N° 022-07.03-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM², PLURA 2025.	
SOLICITANTE	DR. ADOLFO ANTONIO GIL ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO
 (Método ACI 211)

Tipo de cemento	Cemento Pacasmayo Extra Forte	f'c =	210	kg/cm²
Agua				
Aditivo				
SLUMP	4"			
USO				
DISEÑO DE CONCRETO				
210 kg/cm²				
(I) MATERIALES:				
a) CEMENTO	Falso específico del cemento		2.98 gr/cm³	
b) ADREBADOS				
b.1) Desechada:				
Agregado fino:	Almendra	b.2) Esayos	Ag. Fino	Ag. Grueso
	CANTERA CERRO MOCHO	R.E "BULK"	2.91	2.72 gr/cm³
		Módulo de finura	2.70	
Agregado grueso:	Grava	Peso unitario exacto	1556.61	1400.00 kg/m³
	CANTERA SOJO	Peso unitario compactado	1724.03	1565.00 kg/m³
		Coeficiente de humedad	0.62	0.91 %
		Absorcion	1.33	1.60 %
		Tamaño máximo nominal		19"
(II) MATERIALES POR M³ DE CONCRETO EN ESTADO SECO				
Cemento	305.80	Kg	Cemento Pacasmayo Extra Forte	
Agua	218.00	L	-	
Agregado fino	767.44	Kg	CANTERA CERRO MOCHO	
Agregado grueso	888.42	Kg	CANTERA SOJO	
Añaden 8 % Ceniza	30.94	kg	TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA	
Peso Unitario del Concreto	2241.71 kg/m³			
(III) MATERIALES POR M³ DE CONCRETO EN ESTADO HUMEDO (CORREGIDO POR HUMEDAD)				
Cemento	305.80	Kg	Cemento Pacasmayo Extra Forte	
Agua	246.21	L	-	
Agregado fino	767.85	Kg	CANTERA CERRO MOCHO	
Agregado grueso	888.30	Kg	CANTERA SOJO	
Añaden 8 % Ceniza	30.94	kg	TILLANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA	
Peso Unitario del Concreto en estado humedo (corregido por humedad de los agregados)	2272.05 kg/m³			
(IV) RESULTADOS DEL DISEÑO				
Abastecimiento	4"			
Factor concreto	0.4	bolts		
Relacion alc. de diseño	0.99			
Relacion alc. de obra	0.99			
Proporción en peso	1.0	1.22	1.25	1.25.7
Proporción en volumen	1.0	1.21	1.26	1.25.7
				1/ bolsa de cemento
				1/ bolsa de cemento

V. Observaciones

Materia e identificación realizado por el solicitante

En obra debe efectuarse la corrección por humedad de los agregados.

Diego José Arroyo Rivas
 Ingeniero Civil
 CIP: 120191



Jose Carlos Rivas Saavedra
 Ingeiero Geologo
 CIP: 120191

Anexo 7: Ensayo físico químico de las cenizas de CAM y de CTU



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
 ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
 REGISTRO INDECOPI - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIF: 120191

ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILLANDIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 K0/CM², PIURA 2025.
SOLICITANTE	SR. ADOLFO ANTONIO GIL ADRANZEN
UBICACIÓN	PIURA
MUESTREO REALIZADO POR	EL SOLICITANTE
FECHA	SEPTIEMBRE DEL 2025

I. RESULTADOS

NUMUESTRA	IDENTIFICACION DE MUESTRA	ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS
2	CENIZA DE ACACIA MACRACANTHA	pH	Unidades de pH	7.7
		Cloruro	ppm(*)	314.0
			%	0.431
		Sulfatos	ppm(*)	1031.0
			%	0.109
		Sólidos Totales por Muestra	ppm(*)	1204.00
			%	0.110
		Materia Orgánica	Color en mcl/m	Presente
		Calcio	% CaO	0.45
		Hierro	% FeO	< 0.08
Aluminio	% MgO	< 0.05		
Potasio	% K ₂ O	1.81		
Sodio	% Na	< 0.04		

OBSERVACIONES

Las muestras fueron extraídas por el solicitante.


 Diego Torres Rivas
 INGENIERO CIVIL
 (M) 800000000


 Jose Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 (M) 120191



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
 ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
 REGISTRO INDECOPI - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIP: 120191

ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES Y AGACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM ² , PIURA 2025
SOLICITANTE	: DR. ADOLFO ANTONIO GIL ADRIANZEN
UBICACIÓN	: PIURA
MUESTREO REALIZADO POR	: EL SOLICITANTE
FECHA	: SEPTIEMBRE DEL 2025

L. RESULTADOS

Nº MUESTRA	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS
1	CENIZA DE TILLANDSIA USNEOIDES	pH	Unidades de pH	7.9
		Cloruros	ppm(*)	321.0
			%	0.032
		Sulfatos	ppm(*)	9059.0
			%	0.106
		Sulfatos Totales por Mosa	ppm(*)	1222.00
			%	0.122
		Materia Orgánica	Colorimetría	Presente
		Calcio	% CaO	0.41
		Hierro	% FeO	< 0.00
		Aluminio	% MgO	< 0.05
Fósforo	% P ₂ O ₅	1.70		
Sodio	% Na	< 0.03		

L. OBSERVACIONES

Las muestras fueron extraídas por el solicitante.



Diego José Torres Rivas
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 202989



Jose Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 (Reg. CIP 120191)

Anexo 8: Ensayo de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
REGISTRO INDECOPI - 60114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIP: 120191

INFORME DE ENSAYO N° 025-012-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TELLOMBA LIMBODES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FISICAS – MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM ² , PURA 2025.	
SOLICITA	DR. EDUARDO ANTONIO DE AZUÁRZEN	FECHA DE INFORME: SEPTIEMBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO (NTP 339.034)

N° PROBETA	% CENIZA DE TELLOMBA LIMBODES Y ACACIA MACRACANTHA	F'c (kg/cm ²)*	EDAD ESPICIMEN (días)	Ø SUPERIOR (cm)	Ø CENTRAL (cm)	Ø INTERIOR (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
P1	0%	210	7	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.50	13421	170.9
P2	0%	210	7	10.00	10.00	10.01	10.00	20.00	78.50	12567	165.2
P3	0%	210	7	10.01	10.00	10.00	10.00	20.00	78.50	13504	172.1
										PROMEDIO	169.4

Observación

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.
Defectos en el espécimen: ninguno.
Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta.
* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante.
Datos proporcionados por el solicitante.



Diego José Torres Siza
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 257903



José Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO GEOLOGO
CIP. N° 120191



INFORME DE ENSAYO N° 022-013-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDSIA USNEFOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'CD=210 KG/CM ² , PURA 2025.	
SOLICITA	SR. ADOLFO ANTONIO GIL ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: OCTUBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 359.034)

N° PROBETA	% CENIZA DE TILANDSIA USNEFOIDES Y ACACIA MACRACANTHA	F _c (kg/cm ²)*	EDAD ESPECIMEN (días)	Ø SUPERIOR (cm)	Ø CENTRAL (cm)	Ø INFERIOR (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
P1	0%	210	14	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.54	14100	178.5
P2	0%	210	14	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.54	14314	182.3
P3	0%	210	14	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.54	14423	183.6
PROMEDIO											181.8

Observaciones

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.
 Defectos en el espécimen: ninguno
 Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta
 * Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante
 Datos proporcionados por el solicitante

Diego José Rivas Rivas
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 207949



Jose Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-014-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MADRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 kg/cm ² , PUURA 2025.	
SOLICITA	SR. ADOLFO ANTONIO DEL ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: OCTUBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

N° PROBETA	% CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MADRACANTHA	f'c (kg/cm ²)*	EDAD ESPECIMEN (días)	Ø SUPERIOR (cm)	Ø CENTRAL (cm)	Ø INFERIOR (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
P1	0%	210	28	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.54	17242	219.5
P2	0%	210	28	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.54	17021	216.7
P3	0%	210	28	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.54	17475	222.5
PROMEDIO											219.6

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.

Defectos en el espécimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificado por el solicitante

Datos proporcionados por el solicitante



Diego José Torres Rivas
INGENIERO CIVIL
CIP N° 127013



Jose Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-015-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDRIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM ² , PURA 2025.	
SOLICITA	SR. ADOLFO ANTONIO DE ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

N° PROBETA	% CENIZA DE TILANDRIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA	f'c (kg/cm ²)*	EDAD ESPCIMEN (dias)	φ SUPERIOR (cm)	φ CENTRAL (cm)	φ INFERIOR (cm)	φ PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
P1	4%	210	7	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.53	14593	185.8
P2	4%	210	7	10.00	10.00	10.01	10.00	20.00	78.59	15749	200.4
P3	4%	210	7	10.01	10.00	10.00	10.00	20.00	78.59	14993	190.8
PROMEDIO											192.3

Observación:

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.

Defectos en el espécimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a uno (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

Datos proporcionados por el solicitante



Diego José Torres Rivas
INGENIERO CIVIL



José Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO GEOLOGO
R.C. CIP 120191



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
 ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
 REGISTRO INDECOPI - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIP: 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-016-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM², PUURA 2025.	
SOLICITA	SR. ADOLFO ANTONIO OL. ADRIANZEN	FECHA DE INFORME: OCTUBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 329.034)

Nº PROBETA	% CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA	F'c (kg/cm²)*	EDAD ESPECIMEN (días)	Ø SUPERIOR (cm)	Ø CENTRAL (cm)	Ø INTERIOR (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm²)
P1	4%	210	14	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.53	15767	200.8
P2	4%	210	14	10.00	10.00	10.01	10.00	20.00	78.59	15069	196.5
P3	4%	210	14	10.01	10.00	10.00	10.00	20.00	78.59	16600	212.0
										PROMEDIO	202.8

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.

Defectos en el espécimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (F'c), especificada por el solicitante

Datos proporcionados por el solicitante

Diego José Rivas Saavedra
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 120191



Jose Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP 120191



INFORME DE ENSAYO N° 023-016-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TELANDESA USNECOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM ² , PIURA 2025.	
SOLICITA	DR. ADOLFO ANTONIO DEL ADRANZEM	FECHA DE INFORME: OCTUBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 330.034)

N° PROBEA	% CENIZA DE TELANDESA USNECOIDES Y ACACIA MACRACANTHA	f'c (kg/cm ²)*	EDAD ESPESIMEN (días)	Ø SUPERIOR (cm)	Ø CENTRAL (cm)	Ø INFERIOR (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
P1	4%	210	28	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.50	20006	254.7
P2	4%	210	28	10.00	10.00	10.01	10.00	20.00	78.50	19825	252.3
P3	4%	210	28	10.01	10.00	10.00	10.00	20.00	78.50	19419	247.1
PROMEDIO											251.4

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.
 Defectos en el espécimen: ninguno
 Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta
 * Resistencia del concreto (f'c), especificado por el solicitante
 Datos proporcionados por el solicitante


 Diego José Torres Rivas
 INGENIERO CIVIL


 José Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP 120191



INFORME DE ENSAYO N° 022-018-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO FC-210 KG/CNF, FLURA 2025.	
SOLICITA	SR. ADOLFO ANTONIO DEL AGUIARZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 309.034)

N° PROBETA	% CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA	f_c (kg/cm ²)*	EDAD ESPECIMEN (días)	Ø SUPERIOR (cm)	Ø CENTRAL (cm)	Ø INFERIOR (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
P1	0%	210	7	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.53	15774	200.9
P2	0%	210	7	10.00	10.00	10.01	10.00	20.00	78.59	16224	208.4
P3	0%	210	7	10.01	10.00	10.00	10.00	20.00	78.59	15669	198.1
PROMEDIO											201.8

Observación

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.
Defectos en el espécimen: ninguno.
Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta.
* Resistencia del concreto (f_c), especificada por el solicitante.
Datos proporcionados por el solicitante.

Diego J. Torres Blass
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 122191



Jose Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO GEÓLOGO
Reg. CIP 120191



INFORME DE ENSAYO N° 022-019-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=230 kg/cm ² , PIURA 2025.	
SOLICITA	SR. ADOLFO ANTONIO DEL ROSARIOZEN	FECHA DE INFORME: OCTUBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO

(NTP 339.034)

N° PROBETA	% CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA	f'c (kg/cm ²)*	EDAD ESPECIMEN (días)	Ø SUPERIOR (cm)	Ø CENTRAL (cm)	Ø INFERIOR (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)
P1	6%	210	14	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.53	17227	219.4
P2	6%	210	14	10.00	10.00	10.01	10.00	20.00	78.99	16458	209.4
P3	6%	210	14	10.01	10.00	10.00	10.00	20.00	78.99	16549	210.8
PROMEDIO											213.1

Observación

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.

Defectos en el espécimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

Datos proporcionados por el solicitante

Diego Jose Torres Rivas
 INGENIERO CIVIL
 REG. PROF. 120191



Jose Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP 120191



INFORME DE ENSAYO N° 022-019-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F-C-330 000/CM ² , PIURA 2025.	
SOLICITA	SR. ADOLFO ANTONIO GILADRIANZEN	FECHA DE INFORME: OCTUBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 338.034)

N° PROBETA	% CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA	f'c (kg/cm ²)*	EDAD ESPECIMEN (días)	Ø SUPERIOR (cm)	Ø CENTRAL (cm)	Ø INFERIOR (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
P1	6%	210	28	10.02	10.00	10.00	10.00	20.00	78.33	20502	261.1
P2	6%	210	28	10.00	10.00	10.01	10.00	20.00	78.59	20900	265.9
P3	6%	210	28	10.01	10.00	10.00	10.00	20.00	78.59	21705	276.2
PROMEDIO											267.7

Observación

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.

Defectos en el espécimen: ninguno.

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta.

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante.

Datos proporcionados por el solicitante.


 Diego J. Torres Rivas
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 120191


 José Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP: 120191



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
REGISTRO INDECOPI - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIP: 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-021-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=250 KG/CM ² , PURA 2025.	
SOLICITA	BR. ADOLFO ANTONIO DE AZRANZEN	FECHA DE INFORME: SETIEMBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 339.034)

N° PROBETA	% CENIZA DE TILANDSIA USNEOIDES Y ACACIA MACRACANTHA	f _c (kg/cm ²)*	EDAD ESPECIMEN (días)	Ø SUPERIOR (cm)	Ø CENTRAL (cm)	Ø INFERIOR (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)
P1	0%	210	7	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.55	15382	155.9
P2	5%	210	7	10.00	10.00	10.01	10.00	20.00	78.99	15000	155.3
P3	6%	210	7	10.01	10.00	10.00	10.00	20.00	78.99	14819	155.5
PROMEDIO											154.0

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.

Defectos en el espécimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificada por el solicitante

Datos proporcionados por el solicitante

Diego Jose Torres Rivas
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 22787



Jose Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO GEOLOGO
REG. CIP 120191



INFORME DE ENSAYO N° 022-022-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDSIA USNECIDOS Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c=230 Kg/CM ² , PLURA, 2025.	
SOLICITA	SR. ADOLFO ANTONIO BLADRIANZEN	FECHA DE INFORME: OCTUBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
(NTP 309.034)

N° PROBETA	% CENIZA DE TILANDSIA USNECIDOS Y ACACIA MACRACANTHA	F'c (kg/cm ²)*	EDAD ESPECIMEN (días)	Ø SUPERIOR (cm)	Ø CENTRAL (cm)	Ø INFERIOR (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
P1	8%	210	14	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.53	15767	200.8
P2	8%	210	14	10.00	10.00	10.01	10.00	20.00	78.99	15900	202.3
P3	8%	210	14	10.01	10.00	10.00	10.00	20.00	78.98	16000	209.9
PROMEDIO											204.0

Observacion

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.
Defectos en el espécimen: ninguno.
Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta.
* Resistencia del concreto (F'c), especificada por el solicitante.
Datos proporcionados por el solicitante.


Jose Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO CIVIL




Jose Carlos Rivas Saavedra
INGENIERO CIVIL
CIP: 120191



SERVICIO DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOLOGICOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS,
 ENSAYOS DE MATERIALES, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.
 REGISTRO INDECOP - 00114293

JOSE CARLOS RIVAS SAAVEDRA – INGENIERO GEOLOGO – CIP: 120191

INFORME DE ENSAYO N° 022-023-2025

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE TILANDISA USNECOTES Y ACACIA MACRACANTHA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DEL CONCRETO F'cd=10 KG/CM², PIURA 2025.	
SOLICITA	SR. ADOLFO ANTONIO GIL SORIANZEN	FECHA DE INFORME: OCTUBRE DEL 2025

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
 (NTP 338.024)

N° PROBEA	% CENIZA DE TILANDISA USNECOTES Y ACACIA MACRACANTHA	f'c (kg/cm²)*	EDAD ESPECIMEN (días)	Ø SUPERIOR (cm)	Ø CENTRAL (cm)	Ø INFERIOR (cm)	Ø PROMEDIO (cm)	ALTURA (cm)	AREA SECCION RECTA (cm²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm²)
P1	8%	210	28	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	78.53	19416	247.2
P2	8%	210	28	10.00	10.00	10.01	10.00	20.00	78.59	20168	256.5
P3	8%	210	28	10.01	10.00	10.00	10.00	20.00	79.09	19224	244.6
										PROMEDIO	248.4

Observaciones

Las muestras fueron preparadas y curadas por el solicitante.

Defectos en el espécimen: ninguno

Los resultados obtenidos corresponden a una (01) probeta

* Resistencia del concreto (f'c), especificado por el solicitante

Datos proporcionados por el solicitante

Diego Torres Edue
 INGENIERO CIVIL
 CIP 15° 27763

Jose Carlos Rivas Saavedra
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP 120191

Anexo 4: panel fotográfico

Recolección De Tillandsia Usneoides



Incineración de la planta para obtener la ceniza



Recolección De Acacia Macracantha



Incineración de la planta para obtener la ceniza



Elaboración de probetas cilíndricas



Curado de probetas cilíndricas



Rotura de probetas cilíndricas



Anexo 5: Reporte de Turnitin

User User

Informe de Tesis - Gil Adrianzén

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:554829492

Fecha de entrega

9 feb 2026, 16:58 GMT

Fecha de descarga

9 feb 2026, 17:23 GMT

Nombre del archivo

Informe de Tesis - Gil Adrianzén.docx

Tamaño del archivo

36.7 MB

119 páginas

20.649 palabras

110.979 caracteres




18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 14%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 12%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 14% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net	3%
2	Internet	repositorio.uct.edu.pe	3%
3	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	2%
4	Internet	repositorio.unc.edu.pe	1%
5	Internet	repositorio.unsa.edu.pe	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2025-09-03	<1%
7	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
8	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-04-28	<1%
9	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Trujillo on 2024-08-22	<1%
10	Internet	repositorio.continental.edu.pe	<1%
11	Publicación	Montagne Velásquez, Richard Adnán. "Mantenimiento de las celdas electrolíticas ..."	<1%

12	Internet	repositorio.ucss.edu.pe	<1%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2025-11-21	<1%
14	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-09-09	<1%
15	Trabajos del estudiante	uncedu on 2025-05-14	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María on 2023-12-11	<1%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Catolica Sedes Sapientiae on 2024-12-11	<1%
18	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-17	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-12-06	<1%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2020-09-11	<1%
21	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-12-17	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota on 2020-12-17	<1%
23	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2025-10-17	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2023-03-29	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes on 2026-01-14	<1%

26	Trabajos del estudiante	Universidad Católica San Pablo on 2023-08-16	<1%
27	Trabajos del estudiante	uncedu on 2024-03-18	<1%
28	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	<1%
29	Trabajos del estudiante	unasam on 2025-08-05	<1%
30	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2025-07-07	<1%
31	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2020-12-28	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2026-02-03	<1%
33	Publicación	Junior Arturo Gavilan Lizana, Jorge Luis Soto Chicchon, Javier Reynoso Oscanoa, A...	<1%
34	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-01-29	<1%
35	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-12-17	<1%
36	Internet	noesis.uis.edu.co	<1%
37	Internet	repositorio.uni.edu.pe	<1%
38	Publicación	Heber Martins de Paula, Caio Ferreira Gonçalves, Amanda Freitas Soares. "Caract...	<1%
39	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2025-09-17	<1%

40	Trabajos del estudiante	Instituto Tecnológico del Putumayo on 2025-09-01	<1%
41	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2023-03-27	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2018-03-22	<1%
43	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2025-08-27	<1%
44	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-12-09	<1%
45	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota on 2020-10-03	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2023-11-02	<1%
47	Trabajos del estudiante	Universidad Ricardo Palma on 2020-12-17	<1%
48	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2017-03-23	<1%
49	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2022-08-10	<1%
50	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2023-08-27	<1%
51	Trabajos del estudiante	uncedu on 2024-04-10	<1%
52	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2025-10-13	<1%
53	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2024-01-16	<1%

54	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego on 2024-12-01	<1%
55	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2024-09-25	<1%
56	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2025-03-14	<1%
57	Trabajos del estudiante	Universidad Católica San Pablo on 2025-11-17	<1%
58	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-04-28	<1%
59	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-07-22	<1%
60	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion on 2024-06-06	<1%
61	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2025-02-21	<1%
62	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes on 2025-08-21	<1%
63	Internet	apirepositorio.unh.edu.pe	<1%
64	Internet	repositorio.utea.edu.pe	<1%
65	Publicación	"Proceedings of the 9th Brazilian Technology Symposium (BTSym'23)", Springer S...	<1%
66	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2026-01-22	<1%
67	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2018-02-23	<1%

68	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2024-11-18	<1%
69	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2018-12-04	<1%
70	Publicación	Vargas Soler, Erika Julieth González Jiménez, Ana Jessyca. "Análisis de las Mezcla..."	<1%
71	Internet	core.ac.uk	<1%
72	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
73	Trabajos del estudiante	uncedu on 2024-07-09	<1%
74	Trabajos del estudiante	uncedu on 2024-10-16	<1%

Anexo 6: Reporte de escritura de inteligencia artificial

User User

Informe de Tesis - Gil Adrianzén

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:554829492

Fecha de entrega

9 feb 2026, 16:58 GMT

Fecha de descarga

9 feb 2026, 17:23 GMT

Nombre del archivo

Informe de Tesis - Gil Adrianzén.docx

Tamaño del archivo

36.7 MB

119 páginas

20.649 palabras

110.979 caracteres

*% detectado como IA

La detección de IA incluye la posibilidad de que haya falsos positivos. Aunque cierto texto en esta entrega se generó probablemente con IA, los puntajes inferiores al umbral del 20 % no aparecen porque tienen una mayor probabilidad de falsos positivos.

Precaución: Se necesita revisión.

Es esencial comprender los límites de la detección de IA antes de tomar decisiones acerca del trabajo del estudiante. Te alentamos a obtener más información acerca de las funciones de detección de IA de Turnitin antes de usar la herramienta.

Aviso legal

Nuestra evaluación de escritura con IA está diseñada para ayudar a los académicos a identificar texto que podrían haberse preparado mediante una herramienta de IA generativa. Es posible que nuestra evaluación de escritura con IA no siempre sea precisa (existe la posibilidad de que identifique erróneamente redacciones probablemente generadas por humanos como generadas por IA, y redacciones probablemente generadas por IA como generadas por humanos), por lo que no debe usarse como único fundamento para aplicar sanciones a un estudiante. Para determinar si es un caso de deshonestidad académica, se necesita de un escrutinio mayor y el juicio humano, junto con la aplicación de las políticas académicas específicas de la organización.

Preguntas frecuentes

¿Cómo debería interpretar los falsos positivos y el porcentaje de escritura con IA de Turnitin?

El porcentaje que se muestra en el reporte de escritura con IA es la cantidad del texto calificado en la entrega que el modelo de detección de escritura con IA de Turnitin determina se generó probablemente con IA desde un modelo de lenguaje de gran tamaño.

Los falsos positivos (que marcan incorrectamente alertas de texto escrito por humanos como generado con IA) son una posibilidad en los modelos de IA.

Los puntajes de detección de IA inferiores al 20 %, que no aparecen en reportes nuevos, tienen una mayor probabilidad de ser falsos positivos. Para reducir la probabilidad de malinterpretación, no se atribuye ningún puntaje o resaltado y se indican con un asterisco en el reporte (*%).

El porcentaje de escritura con IA no debe ser el único fundamento para determinar si ha ocurrido una mala conducta. El revisor/instructor debería usar el porcentaje como un medio para iniciar una conversación formativa con sus estudiantes o usarlo para examinar el ejercicio entregado según las políticas de la escuela.

¿Qué significa 'texto calificado'?

Nuestro modelo sólo procesa texto calificado en la forma de escritura de formato largo. La escritura de formato largo se refiere a los enunciados individuales en párrafos que constituyen una parte más grande del trabajo escrito, como un ensayo, una disertación, un artículo, etc. El texto calificado que se ha determinado que se generó probablemente con IA se resaltarán en color cian en la entrega.

El texto no calificado, como viñetas, bibliografías comentadas, etc., no se procesará y puede crear disparidad entre los puntos destacados de la entrega y el porcentaje mostrado.

