



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN
LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE EN EL
DISTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO - 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MOISES VILCA VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO - PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS
DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE EN EL**

AUTOR

MOISES VILCA VILCA

RECUENTO DE PALABRAS

33956 Words

RECUENTO DE CARACTERES

180820 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

211 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.8MB

FECHA DE ENTREGA

May 5, 2024 11:17 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 5, 2024 11:20 PM GMT-5

● 10% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

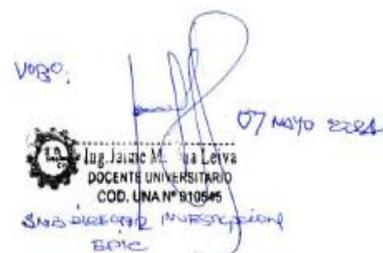
- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Ing. Gina Frank Laque Cordova
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 200651
ING. GINA LAQUE CORDOVA



Vergo:
Ing. Jairo M. de la Torre
DOCENTE UNIVERSITARIO
COD. UNA N° 810545
SNIS 00000012
BANC

Resumen



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres Pedro Vilca y Emiliana Vilca por ser mi fortaleza, por enseñarme el valor del esfuerzo y por el apoyo incondicional.

A mis hermanos Hitsson y Eudocia quienes son mi fuente de inspiración y apoyo a través de su ejemplo a lo largo de estos años.

A mi amada R. Maritza por tu amor incondicional y por hacer mi vida más hermosa.

Moisés Vilca Vilca



AGRADECIMIENTO

A Dios por orientarme hacia el camino del logro y permitirme alcanzar mis objetivos y a mi amada familia por ser el pilar esencial que influye en mi vida.

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano por darme la posibilidad de obtener educación universitaria, lo cual ha ampliado significativamente mis perspectivas de crecimiento profesional.

A mi asesor y a los jurados por su invaluable apoyo y dedicación en la revisión de mi trabajo de tesis, sus valiosas contribuciones y orientación han sido fundamentales para el éxito de este proyecto.

Moisés Vilca Vilca



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	17
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2.1. Problema general	22
1.2.2. Problemas específicos.....	23
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.3.1. Hipótesis general	23
1.3.2. Hipótesis específicas.....	23
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	24
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
1.5.1. Objetivo general	25
1.5.2. Objetivos específicos.....	25



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	27
2.1.1. Antecedentes internacionales	27
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	29
2.1.3. Antecedentes locales.....	35
2.2. MARCO TEÓRICO.....	38
2.2.1. Normativas y Regulaciones	38
2.2.2. Adobe como material de construcción	41
2.2.2.1. Adobe	41
2.2.2.2. Geometría del adobe.....	42
2.2.2.3. Usos tradicionales del adobe en la construcción	42
2.2.2.4. Ventajas de las construcciones de adobe	43
2.2.2.5. Desventajas de las construcciones de adobe tradicional	44
2.2.3. Composición del adobe	45
2.2.3.1. El suelo	46
2.2.3.2. Agua	46
2.2.3.3. Stipa ichu.....	47
2.2.4. Propiedades Físicas del adobe	53
2.2.4.1. Variabilidad dimensional.....	53
2.2.4.2. Alabeo	54
2.2.4.3. Absorción	54
2.2.5. Propiedades Mecánicas del adobe	55
2.2.5.1. Resistencia a la compresión	55
2.2.5.2. Resistencia a la flexión.....	56



2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	57
2.3.1. Adobe	57
2.3.2. El suelo	57
2.3.3. Stipa ichu	58
2.3.4. Variabilidad dimensional	58
2.3.5. Alabeo.....	58
2.3.6. Absorción	59
2.3.7. Resistencia a la compresión.....	59
2.3.8. Resistencia a la flexión	59

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO.....	60
3.2. DURACIÓN DEL ESTUDIO REALIZADO	61
3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	61
3.3.1. Tipo de Investigación	61
3.3.2. Nivel de Investigación	61
3.3.3. Diseño de la Investigación.....	62
3.3.4. Enfoque de la Investigación	62
3.3.5. Población	62
3.3.6. Muestra	63
3.4. INSTRUMENTOS.....	64
3.4.1. Herramientas Metodológicos e instrumentos	64
3.4.1.1. Ensayos de laboratorio	64
3.4.1.2. Cuestionario semi estructurado	65
3.4.1.3. Análisis de imágenes satelitales	65



3.4.1.4. Herramientas de análisis estadístico.....	66
3.5. PROCEDIMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	66
3.5.1. Elaboración de Bloques de Adobe.....	66
3.5.1.1. Muestreo de suelo.....	66
3.5.1.2. Prueba de la cinta de barro (ensayo in situ).....	67
3.5.1.3. Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca	70
3.5.1.4. Elaboración del adobe	71
3.5.2. Adición empírica de Stipa ichu en la elaboración de adobe.....	77
3.5.3. Potencial de producción de Stipa ichu.....	78
3.5.4. Caracterización de Stipa ichu	79
3.6. ENSAYOS DE LABORATORIO	80
3.6.1. Muestreo de suelo.....	80
3.6.2. Ensayo de Granulometría	81
3.6.3. Límite de Atterberg.....	83
3.6.3.1. Límite Líquido.....	85
3.6.3.2. Límite Plástico.....	87
3.6.4. Ensayo de Variabilidad Dimensional.....	88
3.6.5. Ensayo de Alabeo	89
3.6.6. Ensayo de Absorción	91
3.6.7. Ensayo de Resistencia a la Compresión	92
3.6.8. Ensayo de Resistencia a la Flexión.....	95
3.6.9. Ensayos de caracterización físicas del Stipa ichu.....	97
3.6.9.1. Ensayo de contenido de humedad y masa seca	97
3.6.9.2. Ensayo de densidad mediante el método gravimétrico	98
3.6.9.3. Ensayo de porosidad.....	100



3.6.9.4. Ensayo de cenizas..... 101

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	104
4.1.1. Resultados de características del suelo para la elaboración del adobe	104
4.1.1.1. Prueba de la cinta de barro (ensayo in situ).....	104
4.1.1.2. Prueba de presencia de arcilla (ensayo in situ).....	106
4.1.1.3. Análisis granulométrico por tamizado	107
4.1.1.4. Límites de consistencia	109
4.1.2. Resultados de caracterización del Stipa ichu.....	111
4.1.2.1. Resultado – ensayo de contenido de humedad	111
4.1.2.2. Resultado – ensayo de densidad.....	111
4.1.2.3. Resultado – ensayo de porosidad	112
4.1.2.4. Resultado – ensayo de cenizas	113
4.1.3. Resultado para el Objetivo Específico N° 01	113
4.1.3.1. Resultado - Ensayo a la Resistencia a la Compresión.....	113
4.1.4. Resultado para objetivo específico N° 02	117
4.1.4.1. Ensayo de Resistencia a la Flexión	117
4.1.5. Resultado para el Objetivo Específico N° 03	121
4.1.5.1. Dosificación Empírica de Stipa Ichu en la Elaboración de Adobe	121
4.1.6. Resultado para el Objetivo Específico N° 04	122
4.1.6.1. Potencial de Producción de Stipa Ichu	123
4.1.7. Resultado para el Objetivo General.....	125
4.1.7.1. Ensayo de Variabilidad dimensional	125



4.1.7.2. Ensayo de Alabeo	130
4.1.7.3. Ensayo de absorción.....	133
4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	137
4.2.1. Resistencia a la compresión.....	137
4.2.2. Resistencia a flexión.....	139
4.2.3. Diferencia entre la adición óptima y empírica del Stipa ichu.....	142
4.2.4. Propiedades físico mecánicas del adobe.....	144
4.3. DISCUSIÓN.....	145
V. CONCLUSIONES	148
VI. RECOMENDACIONES.....	150
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151
ANEXOS.....	156

ÁREA: Construcciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Construcciones y Gerencia

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 de mayo del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Normas y reglamentos.....	40
Tabla 2 Caracterización física del Stipa Ichu.....	51
Tabla 3 Resistencia a la flexión de Stipa ichu.....	51
Tabla 4 Consideraciones dimensionales de ichu.....	52
Tabla 5 Resistencia a la tracción de Stipa ichu.....	53
Tabla 6 Cantidad de especímenes para determinar propiedades físico-mecánicas.....	63
Tabla 7 Rango de contenido de arcilla.....	70
Tabla 8 Normativa para los ensayos de análisis granulométrico.....	82
Tabla 9 Normativa para ensayo de límites Atterberg.....	84
Tabla 10 Normativa para ensayos mecánicos de compresión.....	93
Tabla 11 Evaluación de cinta de barro – Suelo 01.....	105
Tabla 12 Evaluación de cinta de barro – Suelo 02.....	105
Tabla 13 Evaluación de cinta de barro – Suelo 03.....	106
Tabla 14 Prueba de presencia de arcilla.....	107
Tabla 15 Análisis granulométrico del suelo S - 02.....	108
Tabla 16 Resultado para Límite Líquido.....	109
Tabla 17 Resultado para Límite Plástico.....	110
Tabla 18 Resultado del ensayo LL, LP e LP.....	110
Tabla 19 Resultado de % de humedad y masa seca de Stipa ichu.....	111
Tabla 20 Resultado de densidad de Stipa ichu.....	112
Tabla 21 Resultado de % de porosidad de Stipa ichu.....	112
Tabla 22 Resultado de % de cenizas de Stipa ichu.....	113
Tabla 23 Resultado – Resistencia a la compresión al 0.0% de Stipa ichu.....	114



Tabla 24	Resultado – Resistencia a la compresión al 0.30% de Stipa ichu	114
Tabla 25	Resultado – Resistencia a la compresión al 0.60% de Stipa ichu	115
Tabla 26	Resultado – Resistencia a la compresión al 0.90% de Stipa ichu	115
Tabla 27	Resumen de la resistencia a la compresión	116
Tabla 28	Resultados – Resistencia a la flexión al 0.0% de Stipa ichu	117
Tabla 29	Resultados – Resistencia a la flexión al 0.30% de Stipa ichu	118
Tabla 30	Resultados – Resistencia a la flexión al 0.60% de Stipa ichu	118
Tabla 31	Resultados – Resistencia a la flexión al 0.90% de Stipa ichu	119
Tabla 32	Resumen de la resistencia a la flexión	119
Tabla 33	Resultados - Adición Empírica según Encuesta.....	121
Tabla 34	Resultado - Variabilidad Dimensional de adobe tradicional al 0.0%.....	126
Tabla 35	Resultado – Variabilidad Dimensional de adobe tradicional al 0.30%	127
Tabla 36	Resultado – Variabilidad Dimensional de adobe tradicional al 0.60%	128
Tabla 37	Resultado – Variabilidad Dimensional de adobe tradicional al 0.90%	129
Tabla 38	Resultado – Alabeo de adobe tradicional 0.0%.....	131
Tabla 39	Resultado – Alabeo de adobe tradicional 0.30%.....	131
Tabla 40	Resultado – Alabeo de adobe tradicional 0.60%.....	132
Tabla 41	Resultado – Alabeo de adobe tradicional 0.90%.....	132
Tabla 42	Resultado – Absorción con Stipa ichu al 0.0%	134
Tabla 43	Resultado – Absorción con Stipa ichu al 0.30%	134
Tabla 44	Resultado – Absorción con Stipa ichu al 0.60%	135
Tabla 45	Resultado – Absorción con Stipa ichu al 0.90%	135
Tabla 46	Resultado – Ensayo de absorción.....	136
Tabla 47	Información del factor.....	139
Tabla 48	Análisis de varianza	139
Tabla 49	Información del factor.....	141



Tabla 50	Análisis de varianza	142
Tabla 51	Adición empírica en porcentaje.....	143
Tabla 52	Estadística descriptiva	143
Tabla 53	Estimación de la diferencia	144
Tabla 54	Prueba estadística	144



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 SEM micrografía de fibra vegetal Stipa ichu	49
Figura 2 Fases fenológicas del ichu.....	50
Figura 3 Ensayo de compresión a la unidad	56
Figura 4 Equipos para ensayos de flexión	57
Figura 5 Mapa de ubicación del Distrito de Taraco.....	60
Figura 6 Muestreo de suelo	67
Figura 7 Formación de cilindros de 4mm	68
Figura 8 Evaluación del resultado	69
Figura 9 Medición de la longitud del extremo roto	69
Figura 10 Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca	71
Figura 11 Equipos y materiales para la fabricación de adobe	72
Figura 12 Extracción de suelo	73
Figura 13 Preparación para la mezcla	73
Figura 14 Hidratación de suelo	74
Figura 15 Mezclado de tierra.....	74
Figura 16 Adición de fibra Stipa ichu.....	76
Figura 17 Elaboración de adobes.....	77
Figura 18 Cuarteo de suelo	81
Figura 19 Granulometría por tamizado y registro de datos	83
Figura 20 Ensayo de Límite Líquido	87
Figura 21 Ensayo de Límite Plástico	88
Figura 22 Medición de dimensiones y registro de datos	89
Figura 23 Medición de alabeo	90



Figura 24 Registro de peso inicial de adobes tradicionales	91
Figura 25 Inmersión en agua de adobes tradicionales	92
Figura 26 Preparación y selección de las muestras.....	94
Figura 27 Montaje de la muestra en la máquina	94
Figura 28 Aplicación gradual de la carga	95
Figura 29 Configuración y trazabilidad del equipo	96
Figura 30 Aplicación de carga y registro de datos.....	97
Figura 31 Gráfica de la curva granulométrica	108
Figura 32 Gráfico de Límite Líquido.....	109
Figura 33 Resumen de la resistencia a la compresión	116
Figura 34 Resultado de la resistencia a la flexión	120
Figura 35 Mapa de cobertura vegetal – pajonal de ichu - 2015.....	123
Figura 36 Mapa de cobertura vegetal – pajonal de ichu - 2023.....	124
Figura 37 Resultado - Ensayo de Variabilidad Dimensional	130
Figura 38 Resultado – Ensayo de Alabeo	133
Figura 39 Resultado – Ensayo de absorción.....	136
Figura 40 Prueba de normalidad.....	138
Figura 41 Prueba de normalidad.....	140



ACRÓNIMOS

ASTM:	American Society for Testing and Materiales
LL:	Límite Líquido
LP:	Límite Plástico
NTP:	Norma Técnica Peruana
F'o:	Resistencia Última a la Compresión
SUCS:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
MINAM:	Ministerio del Ambiente



RESUMEN

La investigación denominada como Influencia de la adición de fibras de Stipa ichu en las propiedades físico-mecánicas del adobe, tiene por objetivo determinar la influencia de la fibra vegetal Stipa ichu en las propiedades físico-mecánicas del adobe en Distrito de Taraco, lo planteado anteriormente nace en base a la dosificación empírica realizado por los pobladores de zonas rurales en la elaboración de adobe tradicional, sin el conocimiento de la adecuada incorporación de Stipa ichu en las unidades de albañilería de adobe, ante la situación descrita se plantea la siguiente interrogante, ¿Cómo influye la incorporación de fibra vegetal Stipa ichu en las propiedades físico-mecánicas del adobe en el distrito de Taraco, Región Puno-2023?, la metodología aplicada es de nivel cuantitativo, tipo correlacional, de corte transversal y analítico, la población para la investigación es definida por la cantidad de adobes a realizarse y por pobladores expertos en la elaboración de adobe, según a ello la muestra de especímenes de adobe es de 84, los cuales serán sometidos a diferentes ensayos como: a compresión, resistencia a la flexión, absorción, variabilidad dimensional y alabeo, en cuanto a los pobladores de 40 expertos, ambos definidos mediante el método de cálculo no probabilístico. Los resultados destacan un porcentaje óptimo de Stipa ichu del 0.60%, evidenciando mejoras en sus propiedades físico-mecánicas del adobe. La comparación entre adición óptima y empírica reveló diferencias significativas de 0.29%. Asimismo, se identificó que, en 2023, el potencial de producción de Stipa ichu en el Distrito de Taraco experimentó una disminución notable, posiblemente asociada al aumento de la actividad agrícola en la región.

PALABRAS CLAVE: Adobe, Resistencia a la compresión, Resistencia a la flexión, Stipa ichu y Sostenibilidad.



ABSTRACT

The research titled "Influence of the addition of Stipa ichu fibers on the physical-mechanical properties of adobe" aims to determine the influence of Stipa ichu vegetal fiber on the physical-mechanical properties of adobe in the Taraco District. The aforementioned arises based on the empirical dosing carried out by rural residents in the traditional adobe making, without knowledge of the proper incorporation of Stipa ichu in adobe masonry units. In response to this situation, the following question is posed: "How does the incorporation of Stipa ichu vegetal fiber influence the physical-mechanical properties of adobe in the Taraco District, Puno Region-2023?" The applied methodology is quantitative, correlational, cross-sectional, and analytical. The population for the research is defined by the quantity of adobes to be produced and by expert adobe makers, with a sample of 84 adobe specimens to undergo various tests such as compression, flexural strength, absorption, dimensional variability, and warpage. Regarding the 40 expert residents, both are defined through the non-probabilistic calculation method. The results highlight an optimal percentage of Stipa ichu at 0.60%, evidencing improvements in the physical-mechanical properties of adobe. The comparison between optimal and empirical addition revealed significant differences of 0.29%. Additionally, it was identified that in 2023, the potential production of Stipa ichu in the Taraco District experienced a notable decrease, possibly associated with increased agricultural activity in the region.

Keywords: Adobe, Compressive Strength, Flexural Strength, Stipa ichu and Sustainability



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La construcción sostenible, en la convergencia de la arquitectura y la ingeniería civil, ha emergido como un campo fundamental en respuesta a las crecientes inquietudes ambientales. La exploración de materiales de construcción innovadores y sostenibles se ha vuelto esencial. Este trabajo se concentra en investigar cómo la incorporación de fibras vegetales de *Stipa ichu* afecta las propiedades físico-mecánicas del adobe, contribuyendo al avance del conocimiento en el diseño y la construcción de estructuras sostenibles.

La investigación se desarrolló en el Distrito de Taraco, donde se observa un cambio en los materiales de construcción utilizados por los pobladores. La transición de materiales tradicionales, como el adobe, a materiales a base de concreto, ha llevado a la pérdida del valor patrimonial del adobe, a pesar de ser un material históricamente ecosostenible. Esta transformación motiva la necesidad de comprender y revitalizar el uso del adobe, considerando su relevancia cultural y ambiental.

La investigación surge ante la dosificación empírica de adobe en zonas rurales de la Región Puno, donde la falta de conocimiento sobre la influencia adecuada de la fibra vegetal *Stipa ichu* en el adobe se hace evidente. Además, la ausencia de una guía específica en la Norma E.080 para la producción del adobe y la falta de especificaciones sobre la cantidad óptima de incorporación de *Stipa ichu*, subrayan la necesidad de esta investigación. Su objetivo es determinar la cantidad óptima de uso de esta fibra vegetal en la elaboración de adobe tradicional, buscando mejorar sus propiedades físico-mecánicas.



Para cumplir con nuestro propósito, hemos establecido objetivos claros y medibles. Por ello proponemos evaluar sus propiedades físico-mecánicas del adobe con diferentes porcentajes de adición de Stipa ichu. Además, pretendemos determinar la discrepancia entre la adición óptima y empírica de esta fibra vegetal, así como analizar el potencial de producción de Stipa ichu en la región de estudio.

La estructura organizada de esta investigación facilita la comprensión y el seguimiento. El capítulo I: “Introducción”, en este capítulo se aborda el problema de investigación, su formulación, la presentación de la hipótesis de la investigación, la justificación del estudio y los objetivos. Capítulo II: “Antecedentes y Marco Teórico”, en esta sección se explora los antecedentes del problema, así como el marco teórico y conceptual que proporciona el contexto necesario para comprender la investigación. Capítulo III: “Metodología”, en este capítulo se detallan la ubicación del estudio, la duración del proyecto, la metodología empleada, los instrumentos utilizados y los ensayos de laboratorio. Capítulo IV: “Resultados y Discusiones”, aquí se presentan los resultados obtenidos durante la investigación, se realizan pruebas de hipótesis y se lleva a cabo una discusión detallada sobre los hallazgos. Capítulo V: “Conclusiones”, este capítulo aborda las conclusiones derivadas de los resultados y análisis presentados en el capítulo anterior. Capítulo VI: “Recomendaciones”, en esta sección se proporcionan recomendaciones fundamentales basadas en los hallazgos y conclusiones del estudio. Capítulo VII: “Referencias Bibliográficas”, este capítulo comprende las referencias bibliográficas utilizadas para respaldar y fundamentar la investigación.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El adobe, como componente esencial en la construcción tradicional, ha experimentado notables cambios en su uso a nivel regional y local, según datos estadísticos del “Instituto Nacional de Estadística e Informática” (INEI). En particular, en el Distrito de Taraco, se evidencia una marcada variación en las preferencias de materiales para la edificación de viviendas entre los años 2007 y 2017. En el 2017, el 89.92% de las construcciones utilizaron adobe, mientras que en 2007, este porcentaje fue del 95.18%, indicando una leve disminución en la utilización de este material constructivo. Históricamente, la adición de materiales resistentes al adobe ha sido una práctica, y la paja ha sido considerada como un estabilizante. Autores como Minke y Mahlke (2006) destacan las diversas aplicaciones de la paja en la construcción de edificaciones, subrayando la versatilidad de este material en la edificación de viviendas.

A nivel global y nacional, diversas investigaciones han explorado estabilizantes para mejorar las propiedades mecánicas del adobe, incluyendo paja, cal, asfalto y cemento. No obstante, en algunos casos, se ha demostrado que el adobe puede adquirir resistencia sin la adición de estabilizantes, como lo evidencia Montesinos (2016) en su tesis "Caracterización mecánica de componentes estructurales en construcciones arqueológicas de tierra: El caso de Huaca de La Luna". La Norma E.080 del 2017 recomienda la adición de paja o, en su ausencia, arena gruesa para mejorar la resistencia y durabilidad del adobe, aunque esta noción se presenta de manera indefinida e imprecisa.

En el Distrito de Taraco, se observa un cambio en las preferencias de construcción, con los habitantes optando por materiales modernos, como el concreto, en lugar de mantener la tradición del adobe. Esta transición plantea la pérdida del valor patrimonial del adobe, material que alguna vez fue el más utilizado y ecosostenible en la zona. Autores



como Duarte et al. (2018) reflexionan sobre la vulnerabilidad del patrimonio de adobe, y Zapana (2023) destaca la falta de sostenibilidad en las construcciones actuales en el altiplano peruano. En este contexto, los pobladores del distrito elaboran adobes de manera empírica, sin estudios previos sobre la optimización de propiedades mediante la identificación de tierras adecuadas y la cantidad óptima de Stipa ichu. La investigación de Medina (2018) demuestra que los adobes tradicionales no cumplen con las propiedades mínimas de resistencia, señalando la necesidad de un estudio más profundo.

Ante este panorama, el presente estudio busca “demostrar las propiedades físico-mecánicas del adobe con la adición de Stipa ichu en diferentes porcentajes y con el suelo apropiado”. El objetivo es identificar la combinación óptima que pueda ser replicada en futuras construcciones, promoviendo así el uso del adobe en la edificación de viviendas sostenibles y amigables con el entorno. En este contexto, surge la pregunta de investigación: ¿Cómo influye la incorporación de fibra vegetal Stipa ichu en las propiedades físico-mecánicas del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023? La respuesta a esta interrogante se espera que aporte conocimientos significativos sobre el tema y fomente el uso responsable del adobe en futuras construcciones.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye la incorporación de fibra vegetal Stipa ichu en las propiedades físico mecánicas del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023?



1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influye la fibra vegetal Stipa ichu en la resistencia a compresión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023?
- ¿Cómo influye la fibra vegetal Stipa ichu en la resistencia a flexión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023?
- ¿Cuál es la diferencia entre la adición óptima y empírica del Stipa ichu en la elaboración de adobes en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023?
- ¿Cuál es el potencial de producción de Stipa ichu en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

La incorporación de fibra vegetal Stipa ichu influye significativamente en las propiedades físico mecánicas del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.

1.3.2. Hipótesis específicas

- La incorporación de fibra vegetal Stipa ichu influye significativamente en la resistencia a compresión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.
- La incorporación de fibra vegetal Stipa ichu influye significativamente en la resistencia a flexión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.
- La diferencia entre la adición óptima y empírica del Stipa ichu en la elaboración de adobes es significativa en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.



1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La investigación nace en base a la dosificación empírica realizado por los pobladores de zonas rurales de la Región Puno en la elaboración de adobe tradicional, sin el conocimiento de la adecuada influencia de incorporación de material vegetal *Stipa ichu* en la unidades de albañilería de adobe, además de no contar con una guía específica para la producción del adobe y que en la Norma E. 080, no especifica la cantidad óptima de vegetal *Stipa ichu* que se debe incorporar al adobe, por ello esta investigación determinará la cantidad óptima de uso de fibra vegetal *Stipa ichu* en la elaboración de adobe tradicional para optimizar sus propiedades físico mecánicas.

En la Norma E.080 (2017) en su contenido indica que “para mejorar la resistencia y la durabilidad del adobe se recomienda la adición de paja, el cual tiene la función de controlar el agrietamiento durante el proceso de secado”, según Altamirano (2019) en su investigación realizado en el distrito de Cajamarca dónde los pobladores elaboran adobes con adiciones de paja, pero de manera empírica, sin el conocimiento de las propiedades físico-mecánicas del mismo, ante ello Altamirano llega a la conclusión de que la inclusión de la fibra de *Stipa ichu* en el adobe resulta beneficiosa, dado que contribuye al incremento de la resistencia mecánica del material, en dos puntos que son: a compresión (5 %) y a flexión (25 %), con respecto a la muestra de adobe del tipo C compuesta por la mezcla de suelo, agua y paja se tuvo una buena trabajabilidad.

El adobe es un componente esencial de la identidad cultural de la Región, es un material de construcción amigable con el entorno a comparación de los materiales modernos, ya que requiere menos energía en su producción y es biodegradable, contiene propiedades térmicas y aislantes que lo hacen adecuados para climas extremos como los de la Región Puno, y contribuye a la sostenibilidad de las construcciones locales, esto



concuerta con Márquez (2021) y Brito et al. (2021) quienes mencionan que en la zona andina del Perú, los sistemas constructivos tradicionales a base de materiales propios de la zona como adobe, piedra, y otros, han sido reemplazados por sistemas constructivos convencionales como son: el concreto armado y hormigón, por ende se va perdiendo las construcciones sostenibles e identidad de las mismas, además de considerar al adobe como un material de construcción sostenible y biodegradable, entre los beneficios mencionados con anterioridad el adobe contiene además propiedades térmicas según estudio realizado por Piñas (2018), donde la conductividad térmica promedio del adobe es de $0,371W m^{-1}K^{-1}$, los resultados de la investigación generarán consecuencias positivas, ya que es conveniente efectuar la investigación debido a que se brindará una alternativa de construcción de viviendas rurales con beneficios diversos en el Distrito de Taraco.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la fibra vegetal *Stipa ichu* en las propiedades físico mecánicas del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la fibra vegetal *Stipa ichu* con 0 %, 0.30%, 0.60%, 0.90%, en la resistencia a compresión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.
- Determinar la influencia de la fibra vegetal *Stipa ichu* con 0 %, 0.30%, 0.60%, 0.90%, en la resistencia a flexión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.



- Determinar la diferencia entre la adición óptima y empírica del Stipa ichu en la elaboración de adobes en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023
- Determinar el potencial de producción de Stipa ichu en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Rivera et al. (2021) en su investigación: “*Adobe como saber ancestral usado en construcciones autóctonas de Pore y Nunchía, Casanare (Colombia)*”, mencionan que el adobe fue históricamente empleado como material de construcción en áreas rurales de Colombia y Latinoamérica debido a la dificultad de acceso a materiales convencionales y restricciones económicas. El estudio abordó diversas etapas, incluyendo “observación directa de construcciones en adobe, elaboración de fichas técnicas especializadas, ensayos de laboratorio para evaluar propiedades mecánicas, encuestas semiestructuradas y entrevistas a expertos en la elaboración de adobe”. El objetivo principal de la investigación fue valorar y preservar el conocimiento ancestral relacionado con las técnicas de procesamiento y las propiedades del adobe, considerándolo como un componente patrimonial amenazado por el uso creciente de materiales convencionales

Duarte et al. (2018), en su investigación: “*Arquitectura tradicional de tierra en Europa: un patrimonio de entramado y encestado, adobe, tapia y pared de mano*”, en el artículo presentan un estado del arte sobre el patrimonio arquitectónico basado en tierra en Europa. A través de entrevistas con expertos regionales e internacionales, se pudo identificar las prácticas constructivas tradicionales más relevantes que emplean tierra en la Unión Europea. El artículo destaca cuatro grupos constructivos que constituyen el patrimonio de tierra en



Europa: las "técnicas mixtas", que involucran una estructura con un relleno de materiales entrelazados en su interior; el "adobe", que consiste en "unidades de tierra moldeadas y secadas al sol"; la "tapia", que se crea mediante la compactación de tierra entre tablones; y la "pared de mano", que se compone de capas sucesivas de tierra maleable. La investigación expone las características de estas cuatro formas constructivas y fomenta la reflexión sobre el futuro vulnerable de este patrimonio que está en peligro de desaparición.

Brito et al. (2021) en su artículo de investigación: "*Elaboración de adobe sostenible*" tiene como objetivo realizar una revisión del estado del arte del adobe como material de construcción sostenible y vernáculo. Se propone una nueva metodología para la elaboración de adobe sostenible que integra técnicas manuales con pruebas de laboratorio. El análisis bibliográfico se enfocó en el estado actual sobre la producción de adobe en la zona urbano y rural de la ciudad de Riobamba aborda la situación actual y las prácticas asociadas a la producción de adobe en este contexto. Además, se examina el impacto ambiental relacionado con estas actividades constructivas. La propuesta metodológica abarca desde la identificación y recolección adecuada de muestras de suelo hasta pruebas manuales de campo y se realizaron pruebas de laboratorio de índole física, química y mineralógica con el propósito de llevar a cabo una "selección científica del tipo de suelo adecuado". En esta informe muestra los resultados de la simulación del bloque de tierra y su comportamiento térmico. Se anticipa que la revisión bibliográfica proporcionará un modelo metodológico para investigaciones futuras relacionadas con la producción de adobe. Este enfoque reconoce la relevancia de preservar las técnicas de construcción en tierra como parte integral del patrimonio y los conocimientos ancestrales en la región andina.



2.1.2. Antecedentes nacionales

Martínez (2019) en su investigación: *“Influencia del tipo y porcentaje de fibras naturales sobre la compresión y flexión en adobes para construcciones de La Libertad”* el objetivo principal de este estudio es “examinar cómo el tipo y la proporción en peso de fibras naturales afectan la resistencia a la compresión y flexión de los adobes utilizados en construcciones”. Se prepararon 51 probetas cúbicas y 51 probetas rectangulares, el estudio contempla la incorporación de cuatro tipos de fibras naturales como ichu, bagazo de caña, pajilla de arroz y junco en cantidades de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00%, a fin de evaluar su efecto en las propiedades de los adobes. Los resultados indicaron que, en términos de resistencia a la compresión, la fibra de bagazo de caña al 1.0% tuvo un valor de 20.70 kg/cm², siendo el más cercano al patrón de 23.36 kg/cm². En lo referido a la resistencia a la flexión, se obtuvo una “mejora con la adición de fibra de bagazo de caña al 1.0%, con 15.77 kg/cm²”. La investigación concluyó que las fibras tienen un impacto positivo en sus propiedades mecánicas del adobe, excepto la fibra de ichu, que considera que la disminuye.

Altamirano (2019) en su investigación: *“Incidencia de la fibra vegetal "paja ichu" en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca”* consideró como objetivo de la investigación fue determinar la incidencia de la adición de fibra vegetal paja ichu en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca. Los especímenes de adobe se fabricaron siguiendo las Normas E.080 y Técnica Ecuatoriana 2554, utilizando suelo clasificado como areno limoso, paja ichu y agua potable. Se clasificaron los especímenes en adobes tipo "A, B, C y D" con los porcentajes de 0.0, 0.40, 0.80, 1.20% de paja respectivamente. Se realizaron ensayos a los 28 y 56 días para medir las



propiedades mecánicas, abarcando “resistencia a tracción, compresión y flexión; resistencia a la compresión de muretes; y resistencia a la tracción del mortero”. Los resultados indicaron que la incorporación de paja ichu tuvo un efecto positivo en la resistencia mecánica del adobe y murete, con aumentos superiores al 5 %, en la resistencia a compresión en un 5%, tracción en un 13%, flexión en un 25%, compresión de muretes en un 21% y tracción del mortero en un 30%. Estos efectos fueron más evidentes en los adobes del tipo C, en el cual la mezcla de suelo con paja y agua demostró una buena trabajabilidad.

Olivera (2021) en su investigación: “*Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de los adobes con paja brava ichu en Cusco - 2021*” su objetivo general de la investigación fue determinar la influencia de la dosificación de paja brava ichu en la evaluación de propiedades mecánicas y físicas del adobe en Cusco - 2021. La metodología utilizada fue de tipo científico con un diseño experimental de causa - efecto. La población se definió en las construcciones de adobe convencional. El enfoque fue cuantitativo mediante mediciones numéricas y estadísticas, con un nivel de investigación descriptivo. Como resultado, la investigación concluyó que la incorporación del 0.8% de Stipa ichu en la dosificación de adobes logra mejorar la resistencia a la compresión, flexión y absorción.

Gomez y Mendoza (2022) en su investigación: “*Evaluación de unidades de adobe para mejorar sus propiedades con aditivos naturales de la zona, Somate Bajo - Sullana, Piura 2022*” tiene como objetivo de la investigación fue evaluar la comparación de los adobes con aditivos naturales y artesanales en la zona de Somate Bajo – Sullana, Piura en 2022. Los resultados indicaron que “la resistencia a la compresión de muestras de adobe tradicional tuvo un promedio de 41.72



kg/cm², mientras que las muestras con adición de 2% alcanzaron 69.90 cm² y las unidades con adición de 4% alcanzaron un promedio de 72 kg/cm²". En cuanto a la resistencia a flexión, los adobes tradicionales promediaron 13.03 kg/cm², mientras que las muestras con adición de 2% alcanzaron 13.35 cm² y las muestras con adición de 4% alcanzaron un promedio de 14.43 kg/cm². Con respecto a la prueba de succión, las muestras de adobe promediaron 1.51 gr/min/cm², mientras que las muestras con aditivos naturales del 2% resultaron en 1.61 gr/min/cm² y del 4% en 1.50 gr/min/cm². Con base en estos resultados, se concluyó que "la adición de aditivos naturales mejora la resistencia a flexión y compresión de las muestras de adobe, pero disminuye considerablemente la succión con la incorporación de estos aditivos".

Piñas (2018) en su investigación: "*Estudio de las propiedades térmicas, mecánicas, morfológicas y estructurales del adobe como material biocompuesto*" la investigación se centra en medir las propiedades térmicas, mecánicas, morfológicas y estructurales del adobe, utilizando bloques elaborados según los criterios de pobladores rurales con la adición de Stipa ichu. Las pruebas de granulometría, así como los límites líquido y plástico, señalan que el suelo empleado en la producción de adobes se cataloga como "CL" (arcilla de baja plasticidad) según la clasificación unificada del suelo, según la Norma ASTM D2487". En relación con la resistencia a la compresión, se encontró que la unidad de adobe con Stipa ichu tenía un valor promedio de 24.54 kg/cm². para la unidad de adobe con Stipa ichu. En el caso de las pilas de adobe, la compresión sin fibra fue de 30.22 kg/cm² y con fibra, un promedio de 26.41 kg/cm², cumpliendo ambos con los valores mínimos especificados por la Norma Peruana E.080 Adobes. Los resultados del ensayo de flexión indican un valor de 0.56 MPa para



adobes sin fibra y un promedio de 0.30 MPa con fibra, siguiendo las pautas de la Norma Española UNE.EN.196.1. En el ensayo de cizalladura, los adobes sin ichu tuvieron un resultado de 5.33 kg/cm², mientras que con ichu se alcanzó un valor promedio de 2.73 kg/cm², de acuerdo con las pautas de la NTP 251.013. Además, se encontró que el adobe sin Stipa ichu tiene una conductividad térmica de 0.371 W m⁻¹K⁻¹ y con Stipa ichu, una conductividad térmica de 0.349 Wm⁻¹K⁻¹.

Pérez (2020) en su investigación: “*Evaluación de la Resistencia a la Compresión del Adobe Tradicional a los 20; 28 y 36 Días de Secado en la Ciudad de Jaén – Cajamarca*” la investigación aborda “la evaluación de la resistencia a la compresión y absorción del adobe tradicional incorporando cáscara de arroz, en la ciudad de Jaén”. El diseño experimental comprendió 13 unidades de adobe con dimensiones de 0.1 m de arista para la evaluación de la resistencia a la compresión, y 5 muestras de adobe con dimensiones de 16 x 36 x 10 cm para evaluar el porcentaje de absorción de agua en diferentes períodos de 20, 28 y 36 días de secado. Se utilizaron análisis estadísticos como ANOVA, Tukey y correlación lineal de Pearson para la contrastación de hipótesis con un nivel de significancia estadística ($p < 0.05$). El resultado obtenido en la investigación evidenció una variación significativa en la resistencia a la compresión en el día 36, siendo mayor que en los días 28 y 20. En cuanto al % de absorción de agua, se observó una diferencia significativa en el día 36, siendo mayor que en los días 28 y 20. Además, se encontró una correlación entre las variables en cada ensayo. La conclusión principal señala que con el aumento de los días de secado, se incrementa tanto la absorción de agua como la resistencia a la compresión.



Anchiraico (2022) en su investigación: *“Propiedades Mecánicas de Unidades de Adobe con Adición de Puzolana Natural en el Distrito de Masma Región Junín”* el propósito de este estudio fue “analizar las propiedades mecánicas del adobe al añadir puzolana natural”. Se realizó una comparación entre un adobe convencional y con la incorporación de diferentes cantidades de puzolana natural, específicamente 500, 600 y 700 gramos respectivamente. Se realizaron pruebas de absorción de agua y resistencia a compresión, además ensayos de granulometría, límites de consistencia y pruebas en situ como cinta de barro, la prueba de botella y resistencia seca para la tierra empleada. Los resultados indicaron que las unidades de adobe aumentaron significativamente su resistencia a compresión con la adición de 700 gr. de puzolana natural, de acuerdo con los estándares de la Norma E.080.

Arotaipe y Lecaros (2022) en su investigación: *“Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del adobe con reemplazo de Ichu por fibra de cabuya, en el sector de Quispiquilla del distrito de San Sebastián – Cusco 2022”* tiene como objetivo de la investigación fue determinar de manera cuantitativa cómo varían las propiedades físico-mecánicas de un adobe tradicional con ichu al adicionar fibra de cabuya en diferentes proporciones. Se elaboraron un total de 125 adobes, 95 unidades de adobe y se llevaron a cabo ensayos para evaluar diversas propiedades del adobe, incluyendo peso específico, resistencia a la tracción, absorción, desgaste por erosión acelerada de Swinburne y succión. Para estos análisis, se emplearon unidades de dimensiones específicas: 0.40 x 0.20 x 0.10 m para los primeros ensayos mencionados, y 0.20 x 0.20 x 0.10 m para el ensayo de la resistencia a la compresión se utilizaron 30 unidades para este último ensayo. Se consideraron porcentajes de fibra de cabuya en la adición, desde 0%



hasta 100%. Los resultados señalaron que al sustituir con fibra de cabuya se observó un aumento en la resistencia a tracción y a compresión en comparación con un adobe tradicional. Además, se sugiere que al reemplazar al 100% se podrían obtener resultados aún más favorables.

Medina (2018) en su investigación: *“Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del adobe utilizado en las construcciones de viviendas rústicas Agomarca Alto, distrito Bambamarca, Cajamarca-2018”* tiene como objetivo de la investigación fue conocer las propiedades físicas y mecánicas del adobe tradicional en la zona. Se tomaron como muestra tres fábricas de adobe representativas (F1, F2, F3) y que los suelos utilizados en el estudio fueron sometidos a pruebas exhaustivas, incluyendo ensayos de suelos, de campo y de materiales. Los resultados obtenidos de los ensayos de suelos indicaron que las fábricas F1, F2 y F3 tenían suelos clasificados como SC arena arcillosa, SC arena arcillosa limosa y SC arena arcillosa limosa, respectivamente. En los ensayos de materiales, la resistencia a la compresión promedio fue de 13.68 kg/cm² para F1, 13.61 kg/cm² para F2 y 15.42 kg/cm² para F3, superando la resistencia mínima requerida por la norma (E.080 2017). En cuanto al adobe estabilizado con porcentajes de 3%, se obtuvo una resistencia con un valor de 18.14 kg/cm² y con 6%, se alcanzó 19.88 kg/cm². No obstante, en la evaluación de resistencia a la flexión, los adobes no alcanzaron el nivel mínimo requerido. En cuanto a la absorción, los adobes tradicionales no pasaron la prueba y se desintegraron por completo, en contraste, los adobes estabilizados con la incorporación de cemento superaron la prueba en un período de saturación de 24 horas.

Salazar y Tejada (2021) en su investigación: *“Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de adobe estabilizado bajo los criterios de RNE*



Norma E080, Trujillo 2021” tiene como objetivo realizar un análisis comparativo de investigaciones sobre la resistencia mecánica del adobe estabilizado en Perú. Se destaca que, aunque el adobe tiene una amplia aceptación en zonas rurales debido a su bajo costo de producción, a menudo no cumple con los requerimientos mínimos de la NTP E080. La metodología de la investigación fue documental, y los resultados mostraron que las muestras de adobe fabricadas de forma tradicional, en la mayoría de los estudios, cumplen con la resistencia mínima exigida por la normativa. En cambio, se observó que aumenta significativamente (hasta un 550% aproximadamente) en la resistencia a la compresión con el uso de estabilizantes, tanto de origen orgánico y químico, como (cal, cemento, fibras, entre otros).

Rivera (2018) en su investigación denominada “*Evaluación de potencial almacenamiento de carbono en la especie Stipa ichu (ichu) en la microcuenca Chaclatacana - Huancavelica*”, tiene como objetivo evaluar el potencial servicio ambiental de almacenamiento de carbono en la especie *Stipa ichu* en la microcuenca, también menciona que el vegetal *Stipa ichu* “es una especie resistente a cambios de temperaturas bruscas, crece en zonas secas, accidentadas y al borde de campos de cultivo y caminos, no sufre mucho de fuente de presión como la ganadería, debido a que no es muy palatable”. Añade que la producción promedio total de biomasa de *Stipa ichu* a nivel de la micro cuenca Chaclatacana es de 26.560 y 15.433 tn/ha de biomasa verde y biomasa seca respectivamente.

2.1.3. Antecedentes locales

Zapana (2023) en su investigación: “*Materiales para la construcción de una vivienda sostenible en el Altiplano Peruano*”, tiene por objetivo “evaluar las



características de los materiales empleados en la construcción de viviendas en la región y examinar la posibilidad de utilizar materiales ecológicos propios. Se analizaron dos tipos de viviendas, las de adobe y las de ladrillo, utilizando una Matriz de Leopold para extender el nivel de sostenibilidad de los materiales utilizados. Se consideraron las características definidas en base a los objetivos de la arquitectura sostenible y la cantidad proporcional utilizada en la construcción de cada vivienda. Los resultados indicaron un nivel referencial de sostenibilidad de 2,99 en una escala de 0 a 5, lo que significa que se encuentra entre bajo y medio. Este resultado sugiere que se utilizan principalmente materiales procesados que ofrece el mercado de la construcción y que hay desconocimiento de sus cualidades. En conclusión, los materiales utilizados en la construcción de viviendas en el altiplano peruano son principalmente materiales procesados y no permiten la sostenibilidad de la vivienda”.

Vitulas (2021) en su investigación: “*Estudio de la ch’ampa como tecnología tradicional y medioambiental en la construcción de viviendas rurales tipo putucos, Región Puno*”, tiene por objetivo asociar las características físicas y mecánicas de la ch’ampa con su uso en la construcción de Putucos en Taraco y Samán (Puno) y contrastar sus resultados con otros materiales tradicionales como el adobe y tapial. La metodología empleada fue “experimental, descriptivo-relacional, con un muestreo no probabilístico y un diseño cuantitativo de incidencia, de enfoque observacional, prospectivo y transversal”. Los resultados obtenidos indican un coeficiente de permeabilidad próximo a 8×10^{-7} cm/s, lo que sugiere una característica de impermeabilidad. La conductividad térmica registrada es de “0.25W/m*K, lo cual la hace adecuada para conservar el calor y resistir variaciones climáticas extremas”. El esfuerzo de compresión, con un valor



de $\sigma_c=5.28\text{kg/cm}^2$, se sitúa por debajo del 50% de lo estipulado por la NTP E-080. En comparación, “el esfuerzo de flexión ($\sigma_f=6.25\text{kg/cm}^2$), junto con un 10% de contenido de raíces que se entrelazan entre bloque y bloque actuando como un mortero natural, añade estabilidad a las viviendas en comparación con otros materiales como el adobe, tapial, BTC, quincha, ladrillo y concreto”.

Gonzales (2023) en su investigación: “*Mejoramiento de las propiedades del adobe con la estabilización de cemento, en viviendas autoconstruidas por familias de bajos recursos económicos en el Centro Poblado Ramis, Taraco, Huancané – 2021*” tiene como objetivo mejorar la resistencia en los bloques de albañilería tradicional mediante la estabilización con cemento, buscando incrementar significativamente la resistencia, durabilidad y mejorar las características físico-mecánicas del adobe. La investigación adoptó un enfoque descriptivo, prospectivo, analítico y transversal, con un nivel multivariado y muestreo no probabilístico. Los resultados revelaron un incremento progresivo en la resistencia a la compresión de los bloques estabilizados en porcentajes de 52.44, 70.05 y 124.99%, respectivamente, en comparación con un bloque de albañilería convencional, alcanzando la máxima resistencia con un valor de 20.29 kg/cm^2 . En términos de absorción, se registró una reducción del 47.38% en comparación con un bloque de albañilería convencional, indicando su idoneidad para mantener su durabilidad y consistencia. Se concluye que “la estabilización del adobe con cemento mejora de manera significativa sus propiedades físico-mecánicas, potenciando la resistencia frente a la humedad, erosión y compresión”.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Normativas y Regulaciones

La construcción con tierra, una práctica ancestral que ha perdurado a lo largo de la historia, ha sido objeto de diversas normativas y reglamentaciones a medida que evoluciona y se integra en las prácticas constructivas contemporáneas (Gamio, 2018). Estas regulaciones son esenciales para establecer procedimientos seguros y sostenibles en la ejecución de construcciones con tierra, considerando las particularidades de cada entorno, ya que las características geográficas, geomorfológicas, climáticas y socio-culturales varían significativamente entre distintas regiones y países.

La Norma E 080 es una normativa peruana que establece los requisitos técnicos para la construcción de edificaciones de adobe y quincha. Específicamente, regula las construcciones de viviendas que utilizan tierra cruda como principal material de construcción. A continuación, se proporciona una descripción general de algunos aspectos clave abordados por la Norma E 080:

- **Materiales y Métodos Constructivos:** La norma detalla los requisitos específicos para los materiales a utilizar en la construcción con adobe y quincha. Esto incluye aspectos como la calidad del suelo, características de los adobes, y métodos de elaboración y colocación.
- **Diseño Estructural:** La Norma E 080 aborda los aspectos estructurales de las edificaciones de adobe y quincha. Define criterios de diseño que buscan garantizar la resistencia sísmica y estructural de las construcciones, considerando las condiciones particulares de la zona geográfica.



- **Requisitos de Calidad:** Establece estándares de calidad para los materiales y componentes utilizados en la construcción. Esto abarca desde la selección del suelo hasta la fabricación y disposición de los adobes, asegurando la durabilidad y estabilidad de las edificaciones.
- **Seguridad Sísmica:** Dada la ubicación geográfica de Perú, propenso a eventos sísmicos, la normativa incluye disposiciones específicas para reforzar las construcciones de adobe y quincha frente a movimientos telúricos. Busca reducir los riesgos de daños estructurales durante sismos.
- **Consideraciones Ambientales:** En consonancia con la sostenibilidad, la norma puede abordar aspectos ambientales, como la gestión de residuos de construcción y la utilización de materiales locales, promoviendo prácticas amigables con el entorno.

Es fundamental tener en cuenta que las normativas pueden actualizarse, por lo que se recomienda verificar la última versión de la Norma E 080 para asegurarse de cumplir con los requisitos más recientes. Además, es esencial contar con la supervisión de profesionales capacitados durante el proceso de construcción para garantizar el cumplimiento adecuado de estas normas y, por ende, la seguridad y durabilidad de las edificaciones.

A continuación, se presenta un resumen de las normas y regulaciones relevantes en diferentes países para la construcción con tierra, adobe, bloques de tierra comprimida (BTC), y tapial:

Tabla 1

Normas y reglamentos

País	Norma/Reglamento	ORG	REF	EST	Adobe	BTC	Tapial	Notas	
Brasil	NBR 8491. 1986	ABNT	7					“BTC estabilizado con cemento	
	NBR 8492. 1986		8					específica, método de ensayo	
	NBR 1083. 1989		9						Procedimiento
	NBR 10833. 1989		10				X		fabricación BTC con prensa manual/hidráulica
	NBR 10834. 1994		11						Especificaciones y métodos de ensayo
	NBR 10835. 1994		12						de bloques de suelo-cemento
	NBR 10836. 1994		13						
	NBR 12023. 1992		14						
	NBR 12024. 1992		15						
	NBR 12025. 1990		16						Métodos de ensayo para suelo-cemento
	NBR 13554. 1996		17						
NBR 13555. 1996	18								
NBR 13553. 1996	19					X	Tapia con cemento		
Colombia	NTC 5324. 2004	ICONTEC	20	X		X		Estabilizado con cemento	
EEUU	NMAC, 14.7.4. 2004	CID	21		X	X	X	Reglam. Estatal de Nuevo México	
	ASTM E2392 M-10	ASTM	22		X		X		
España	UNE 41410:2008	AENOR	23			X		Primera norma Europea	
Francia	XP P13-901,2001	AFNOR	24			X		Norma experimental	
India	IS 2110:1980	BIS	25	X			X	Paredes de suelo-cemento	
	IS 1725:1982	BIS	26	X		X			
	IS 13827: 1993	BIS	27		X		X	Directrices resistencia a terremotos	
Italia	Ley n° 378, 2004		28					Leyes para la	
	L.R. 2/06 2 2006		29		X	X	X	conservación del patrimonio de tierra	
Kenia	KS 02-1070:1,1999.	KEBS	30	X		X			
Nigeria	NIS 369:1997	SON	31	X		X			
Nueva Zelanda	NZS 4297.1998	SNZ	32						
	NZS 4298. 1998.		33		X	X	X		



País	Norma/Reglamento	ORG	REF	EST	Adobe	BTC	Tapial	Notas
Perú	NTE E 0.80. 2000	SENCICO	35		X			
	NTP. 331.201. 1979		36					
	NTP 331.202. 1979.	INDECOPI	37	X	X			
	NTP 331.203. 1979		38					
	ARS 670.1996		39					
	ARS 671.1996		40					
	ARS 672.1996		41					
	ARS 673.1996		42					
	ARS 674.1996		43					
	ARS 675.1996		44					
	Regional ARS 676.1996		45					
	África ARS 677.1996	ARSO	46				X	
	ARS 678.1996		47					
	ARS 679.1996		48					
ARS 680.1996		49						
ARS 681.1996		50						
ARS 682.1996		51						
ARS 683.1996		52						
Sri Lanka	SLS 1382-1:2009	SLSI	53	X		X		Bloques de suelo comprimido
	SLS 1382-2:2009		54					Estabilizados”
	SLS 1382-3:2009		55					
Tunéz	NT 21.33:1996	INNORPI	56			X		En francés
	NT 21.35:1996		57				En francés	
Turquía	TS 537. 1985	TSE	58					En turco
	TS 2514. 1985		59	X	X			
	TS 2515. 1985		60					
Zimbabwe	SAZS 724. 2001	SAZ	61				X	

Nota: Las normas y regulaciones mencionadas son aplicables a la construcción con materiales como adobe, bloques de tierra comprimida (BTC) y tapial en diferentes países. Cid et al. (2011)

2.2.2. Adobe como material de construcción

2.2.2.1. Adobe

El adobe es definido como la “unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad” según la Norma E. 080 (2017, p. 4)



Según la Real Academia Española (RAE, 2017) el adobe “es una masa de barro mezclado a veces con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al aire, que se emplea en la construcción de paredes o muros”.

Según Romero y Callasi (2017) “definen al adobe tradicional como un bloque sólido de tierra incorporado con paja elaborada de forma artesanal, generalmente sin el debido control de calidad en cuanto a insumos, diseño de mezclas, dimensiones y propiedades resistentes” (p. 15)

2.2.2.2. Geometría del adobe

Según la Norma E. 080 (2017), indica:

- “El bloque de adobe puede ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros, de formas especiales, pueden tener ángulos diferentes de 90°”.
- “El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, por razones de peso”.
- “El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho”.
- “La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m. y 0.12 m.”.

2.2.2.3. Usos tradicionales del adobe en la construcción

Según Rivera et al., (2021), el adobe ha sido objeto de estudio y ha sido catalogado como una manifestación tradicional, sin embargo, “se ha producido su pérdida en la tradición, esto debido a la falta de normativas nacionales que permitan una dirección técnica que además recupere la tradición del uso de tierra cruda como material apto para la construcción de viviendas tanto urbanas como rurales” (p. 75)



Vallejo y Mena (2019) definen “el estudio de los sistemas constructivos en tierra como material tradicional, además de ser considerados como un aporte a la arquitectura sostenible, así como el desarrollo de viviendas de barro por su relación directa con la construcción ecológica y de bajo costo, logran altos estándares de calidad en la habitabilidad en viviendas vernáculas” (p. 98).

2.2.2.4. Ventajas de las construcciones de adobe

Las siguientes ventajas mencionadas resaltan la versatilidad y la eficiencia de las construcciones de adobe en términos de sostenibilidad, confort y resistencia, lo que las convierte en una opción sostenible en la construcción.

- Sostenibilidad medioambiental

“El adobe es un producto reciclable, ya que tanto en el proceso de fabricación, utilización en la construcción y demolición, los materiales son todos reutilizables y biodegradables” (Bio, 2016).

- Aislamiento térmico y acústico

Según ThemeGrill (2017) hace constar que “la tierra posee unas características aislantes favorables, que hacen que los elementos constructivos compuestos de ella, presenten valores de resistencia térmica muy eficientes con respecto a otros sistemas masivos”. Además, señala que un muro de adobe puede exhibir un comportamiento hasta 5 veces mejor que uno de hormigón armado.

Sumando al concepto anterior sobre la ventaja de aislamiento térmico y acústico, Romero y Callasi (2017) indican que “el adobe tiene propiedades muy positivas respecto al confort para la construcción, ya que posee propiedades térmicas y acústicas, resaltando la propiedad principal del adobe sobre su inercia térmica, el cual se caracteriza por su lentitud para calentarse y enfriarse”.

- **Alta resistencia al fuego**

Esta ventaja según ThemeGrill (2017) menciona que “el adobe gracias a su naturaleza físico-química, la tierra cruda presenta una gran estabilidad y resistencia al fuego, superior a otros materiales industriales como el acero y el ladrillo”.

- **Costo económico**

El costo económico para la elaboración del adobe es mucho menor que los materiales utilizados para la construcción a base de concreto, los mismos que actualmente han tomado relevancia dejando de lado el uso material tradicional como el adobe, además ThemeGrill (2017) resalta que “la construcción con tierra puede ser trabajosa, sin embargo, las mismas pueden ser ejecutadas por personas no especializadas, siempre que haya una persona experimentada controlando el proceso constructivo. Las herramientas son sencillas y económicas”.

2.2.2.5. Desventajas de las construcciones de adobe tradicional

Es importante destacar que algunas de estas desventajas pueden mitigarse o superarse mediante técnicas de construcción mejoradas y el

uso de técnicas de refuerzo sísmico, pero es esencial reconocer que las construcciones de adobe tradicional presentan ciertas limitaciones en términos de durabilidad y mantenimiento en comparación con materiales de construcción más modernos.

- **Sensibilidad de agua**

“El agua produce sobre el material un efecto erosivo que si no se tienen en cuenta principios básicos de construcción podrán causar patologías en los edificios” (ThemeGrill, 2017).

- **Resistencia sísmica limitada**

Según Blondet et al. (2003) "la construcción tradicional de adobe tiene una respuesta muy mala ante los movimientos telúricos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso, causando con ello pérdidas significativas en términos de vida humana y daño material". Asimismo, señalan que la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de adobe se atribuye a su considerable peso, su baja resistencia y naturaleza frágil de la estructura. En eventos sísmicos intensos, estas construcciones experimentan niveles significativos de fuerzas sísmicas debido a su considerable peso, incapaces de resistir y, como consecuencia, sufren fallas de manera violenta.

2.2.3. Composición del adobe

El adobe está compuesto principalmente por el suelo, agua y Stipa ichu, además Gamio (2018) considera que “el adobe es un bloque constructivo usado en viviendas. Está compuesto por masas de barro secados al sol. Su composición en porcentaje de arcilla varía entre 20% y 30%, con presencia de filamentos orgánicos” (p. 21).



2.2.3.1. El suelo

La Norma E.080 (2006) en el artículo 4 indica como “requisitos generales los siguientes porcentajes: arcilla – 10% a 20%, limo – 15% a 25% y arena – 55% a 70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados” (p. 01).

En la actualidad la Norma E.080 (2017) “propone pruebas de campo para identificar si un suelo es apto para la elaboración del adobe tales como: Prueba de cinta de barro, prueba presencia de arcilla o resistencia seca y prueba de contenido de humedad”.

“La composición del suelo influirá directamente en la resistencia final del bloque, las características y propiedades del suelo dependerán del lugar en el que se encuentra, así mismo las proporciones de los componentes determinarán el tipo de suelo ya sea arcilloso, limoso o arenoso”. La arcilla es el aglomerante del resto de partículas que conforman el hormigón de tierra o barro. (Calderón, 2013).

2.2.3.2. Agua

Según Rodríguez (2021) señala que “el agua, al ser un componente esencial en el proceso de hidratación para la fabricación de adobe, debe cumplir con requisitos específicos”. Estos requisitos buscan iniciar el proceso químico necesario para mejorar las propiedades de materiales como arcillas y limos, sin provocar reacciones adversas en dichos componentes.



Además, Rodríguez (2021) indica que la mezcla base del suelo más el agua logra las siguientes características:

- En estado no solidificado debe ser lo suficientemente plástico para facilitar su manipulación y moldeo.
- El adobe, una vez solidificado, no debe experimentar cambios en sus propiedades ni en sus características debido a la pérdida de agua.

Según la NTP E.080 (2017) para la elaboración del adobe, el agua debe cumplir las siguientes características.

- “Agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión.
- Estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas.
- El agua de mar sólo puede emplearse si se cuenta con la autorización del ingeniero proyectista y del responsable de la supervisión”.

2.2.3.3. Stipa ichu

“Stipa ichu, también conocida como ichu o paja brava, es una especie de pasto perenne que se encuentra principalmente en los Andes de América del Sur. Es un componente importante de los ecosistemas de páramos y pastizales de alta montaña en regiones como Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia” (Torres y Humalla, 2023, P. 48)

“La paja son aditivos naturales que controlan las fisuras que se producen durante el proceso de secado rápido. En los suelos arcillosos se



debe usar paja de aproximadamente 50 mm de largo en proporción de 1 volumen de paja por 5 de tierra, lo que ayuda al control de fisuras y resistencia” (Norma E 0.80, 2017).

Según Nunura et. Al. (2018) menciona que “el uso de fibras naturales locales y baratas es una gran alternativa, especialmente, para actualizar o renovar construcciones rudimentarias. En las zonas situadas por encima de los 3 000 metros sobre el nivel del mar, las fibras naturales son vastas y baratas (~0.15 USD/kg), sobre todo, las fibras denominadas ichu” (p. 82).

a. Etimología

- La etimología del término "Stipa" proviene del griego "stupe" (estopa, fibra), en alusión a las aristas plumosas de las especies euroasiáticas, o posiblemente a la fibra obtenida de pastos de esparto.
- Según el Diccionario de la Academia de la Lengua Quechua (2005), en el contexto botánico, "ichhu" (Stipa ichu) se refiere a la paja de las punas, pajonal o campo donde crece la paja.

b. Nombre científico

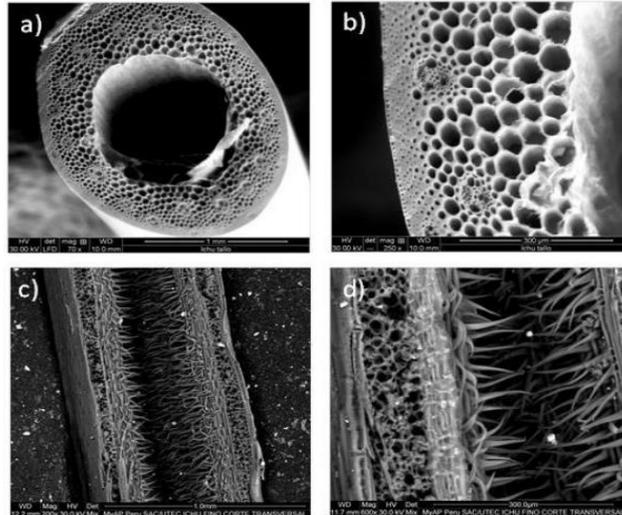
- El nombre científico del Ichu es Stipa ichu (Ruiz & Pav.) Kunth.

c. Estructura del Stipa Ichu

“La estructura de la fibra Ichu comprende los tallos y las hojas, ambos con una forma tubular que puede confundirse fácilmente. El diámetro promedio de la fibra es de 0.39 y 0.83 para Ichu fino y grueso, respectivamente” (Atahuachi y Carcausto, 2018).

Figura 1

SEM micrografía



Nota: a) y b) del vástago de fibra Ichu y c) y d) Ichu fibra

Fuente: (UTECH y MIT, 2015)

La Norma E.080 (2017) en el capítulo IV aborda la construcción de edificaciones reforzadas con adobe, establece lo siguiente:

- “Para el control de fisuras mediante la adición de paja, se controla el agrietamiento del adobe y del mortero durante el secado con paja o fibras similares”.
- “En ausencia de paja, para el control del agrietamiento se debe utilizar arena gruesa”.

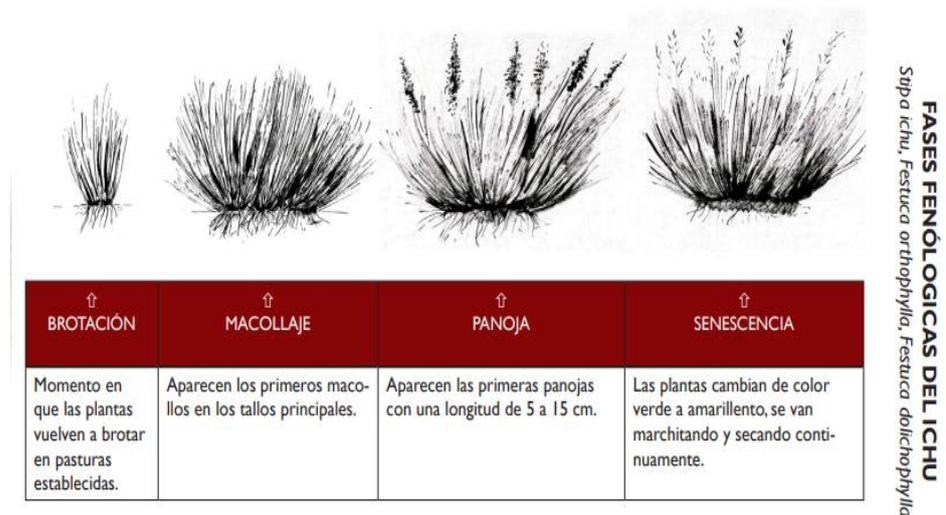
“La paja, una vez seca, se pica en trozos de entre 5 cm a 10 cm de largo y se guarda en bolsas, quedando lista para agregar durante el batido” (Neves y Borges, 2011).

d. Fases fenológicas del Ichu

Según Ministerio del Ambiente (2011) indica que “la fenología tiene como finalidad estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos fenológicos que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas en su interacción con el medio ambiente”, en caso de la fase fenológica del ichu en la *Figura 2* se muestra el tiempo de una manifestación biológica. (p. 9)

Figura 2

Fases fenológicas del ichu



Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2011, p. 47)

e. Características físicas de Stipa ichu

La caracterización de la *Stipa ichu* según Atahuachi y Carcausto, (2018) se resume en la *Tabla 2*.

Tabla 2*Caracterización física del Stipa Ichu*

Ensayo	Unidad	Valor
Contenido de humedad	%	10.0051
Densidad	(g/cm ³)	1.1550
Porosidad	%	98.5339
Fibra cruda	%	39.2280
Cenizas	%	4.380

Nota: En la tabla se observa las características físicas de Stipa ichu desarrollado por Atahuachi y Carcausto (2018).

f. Resistencia a la flexión de Stipa ichu

Según Atahuachi y Carcausto (2018), “consideró tres muestras para el ensayo, en el cual el espesor fue de 5 cm de Stipa ichu y 1 cm de revestimiento de yeso, llegando al siguiente resultado, según la *Tabla 3*.

Tabla 3*Resistencia a la flexión de Stipa ichu*

Descripción	Lectura del Dial (Kg-f)		Resistencia a la flexión (Mpa)	Resistencia a la flexión (Kg-f/cm ²)
	P (kg-f)	P (N)	$R = PL/(bd^2)$	R
M - 1	63.0	617.0	0.50	5.13
M - 2	64.0	623.0	0.52	5.27
M - 3	63.0	613.0	0.50	5.13

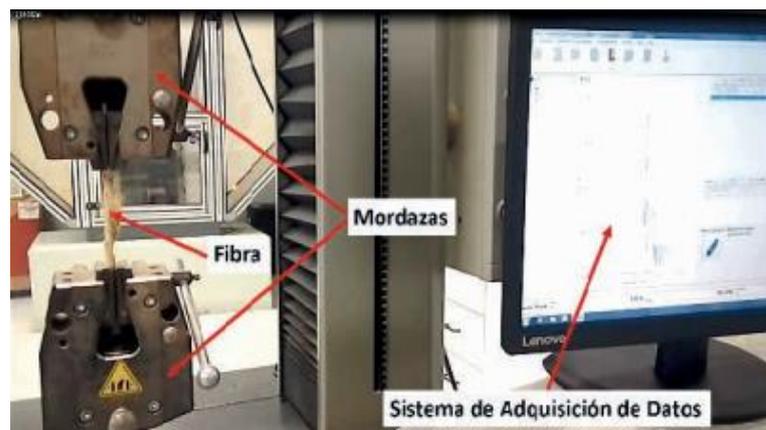
Nota: La tabla desarrollada por Atahuachi y Carcausto (2018), presenta los resultados de la resistencia a la flexión de Stipa ichu”.

g. Resistencia a la tracción de Stipa ichu

La resistencia a tracción de ichu Nunura et. Al. (2018) menciona que “En materia de resistencia mecánica, durante un ensayo de tracción, se debe recordar que la carga aplicada sobre el área de una sección transversal de un cuerpo de prueba se refleja en la tensión a la cual tal cuerpo queda expuesto, y ese parámetro deberá ser constante para el mismo material y para cualquier área de la sección trasversal utilizada” (p. 82).

Figura 3

Ensayo de tracción en fibra ichu



Nota: En la imagen se observa el ensayo a tracción de Stipa ichu realizados por Nunura et. al. (2018)

Tabla 4

Consideraciones dimensionales de ichu

Material	Área transversal prom. (mm ²)	Longitud entre mordazas (mm)
Ichu seco y húmedo	25.12	50

Nota: Consideraciones dimensionales de fibra ichu propuesto por Nunura et. al. (2018).

En el estudio realizado por Nunura et al. (2018), se llevaron a cabo ensayos de tracción de la fibra vegetal Ichu considerando dos condiciones: seco y húmedo. Los resultados de estos ensayos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5

Resistencia a la tracción de Stipa ichu

Material	Resistencia a la Tracción (Mpa)	Resistencia a la Tracción Promedio (Mpa)	Resistencia a la Flexión (Kg-f/cm²)
	30.93		
Ichu	28.29	28.48	290.41
	26.23		

Nota: En la tabla se observa la resistencia a la tracción de fibra ichu desarrollados por Nunura et. al. (2018)

2.2.4. Propiedades Físicas del adobe

2.2.4.1. Variabilidad dimensional

La variación dimensional en las unidades de adobe se define como la variación que existe entre las caras opuestas en términos de ancho, largo y altura (Romero & Callasi, 2017, p. 31). Los autores señalan que estas dimensiones, que son características geométricas, no son mantenidas perfectamente por ningún adobe. Adicionalmente, señalan que estas imperfecciones geométricas impactan en la construcción, ya que requieren juntas de mortero de dimensiones mayores a las óptimas.



2.2.4.2. Alabeo

El alabeo definido por Lulichac y Mosqueira (2015) “es la deformación entre las caras opuestas de las unidades de adobe, representadas por espacios vacíos (Cóncono) o elevaciones sobresalientes (Convexo)”, además “a mayor alabeo (concavidad o convexidad) de las unidades de adobe mayor será el espesor de la junta; también se puede dar el caso que puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad”. (p. 22)

2.2.4.3. Absorción

La absorción es definida por Romero y Callasi (2017) como “la medida de la permeabilidad del bloque de albañilería, generalmente se toma como medida de la porosidad”, lo que a su vez indica lo siguiente:

- La probable filtración a través de los bloques.
- Indicio de desintegración cuando los bloques húmedos son sometidas a ciclos de congelación y descongelación.

Con la descripción anterior Romero y Callasi (2017) de forma general, “un bloque de albañilería poroso no será tan resistente como un bloque de mayor densidad en su composición, a acción de cargas, o tan firme al paso del tiempo o a cualquier otro fenómeno de intemperismo”. (p. 31)

Además, según los autores anteriormente citados mencionan que “las variaciones de absorción de los bloques son causadas por diferencia

en la composición del material utilizado y métodos del moldeo de las unidades”. La absorción máxima se determina como la cantidad de agua que puede albergar un bloque saturado, considerándose como una medida de su impermeabilidad (Romero & Callasi, 2017, p. 32).

2.2.5. Propiedades Mecánicas del adobe

2.2.5.1. Resistencia a la compresión

Según Romero y Callasi (2017), “la resistencia a la compresión del bloque de adobe se evalúa mediante la realización de ensayos en cubos tallados, cuyas aristas serán iguales a la menor dimensión del bloque de adobe, así mismo el valor del esfuerzo a compresión se determinará en base al área de la sección transversal, ensayándose un mínimo de 6 bloques de adobe, determinándose como la resistencia última (f'_{o}) el valor que sobrepasen el 80% de los bloques ensayados, los ensayos serán desarrollados en piezas completamente secas, tomando como valor de la resistencia última aceptable de 12 kg/cm²” (p. 31).

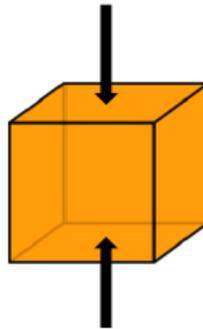
Altamirano (2019) considera que “los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la compresión (ensayo de compresión en cubos) se realiza conforme al procedimiento siguiente”: (p. 30)

- “La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista.
- La resistencia última se calcula conforme a la expresión siguiente: f_o
 $= 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$.

- Los cubos de adobes o muestras de tapial deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada”.

Figura 4

Ensayo de compresión a la muestra



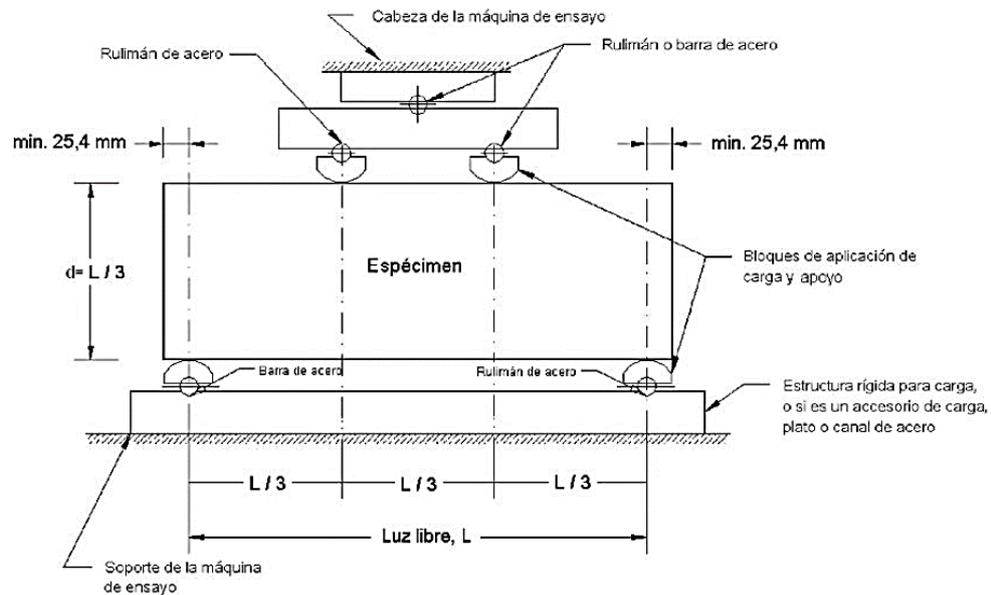
Fuente: (Altamirano, 2019, p.30)

2.2.5.2. Resistencia a la flexión

Los criterios para evaluar la resistencia del adobe a la flexión fueron adaptados de acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana 2554. En este proceso, se utiliza una viga de adobe apoyada libremente en ambos extremos. La carga se aplica en los tercios de longitud libre hasta que se produce la fractura del espécimen. La carga aplicada se mantiene constante y continua, sin impacto y a una velocidad uniforme. La resistencia a la flexión se define mediante el cálculo del módulo de rotura, utilizando las fórmulas especificadas en la normativa correspondiente.

Figura 5

Equipos para ensayos de flexión



Fuente: NTE 2554 (INEN, 2011)

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Adobe

Según la Norma E. 080 (2017), define el adobe “como una unidad de tierra cruda, que puede estar mezclado con paja o arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad”

2.3.2. El suelo

La composición del suelo presenta variaciones en su granulometría, y de acuerdo con la Norma E. 080, clasifica en tres tipos principales: arenas, limos y arcillas.

- Arena: “Término utilizado para describir materiales compuestos por granos finos resultantes de la descomposición de rocas o de su trituración artificial, con partículas que tienen un diámetro que oscila entre 2 mm y 0.05 mm ”.



- Limos: “Suelos compuestos por granos finos con escasa o nula plasticidad, pueden ser limos inorgánicos, como los provenientes de canteras, o limos orgánicos, presente comúnmente en ríos, siendo este último caracterizado por sus propiedades plásticas”.
- Arcillas: “Partículas sólidas con un diámetro inferior a 0.005 mm, cuya masa tiene la capacidad de volverse plástica al entrar en contacto con el agua”.

2.3.3. Stipa ichu

Stipa ichu, conocido como ichu, es una planta herbácea caracterizada por tallos que oscilan entre 60 y 180 cm de altura. Sus hojas son rígidas y erguidas, con una textura áspera al tacto. Esta planta se emplea en la construcción en regiones andinas del Perú, como Junín, Puno y La Libertad (Martínez, 2019, p. 18).

2.3.4. Variabilidad dimensional

Este ensayo consiste en la medición de unidades enteras de adobe y en las medias unidades, con dimensiones nominales (largo, ancho y altura) con el objetivo de comparar las diferencias que existen entre unidades de adobe tradicional. (Romero y Callasi, 2017, p. 33)

2.3.5. Alabeo

El alabeo definido por Lulichac y Mosqueira (2015) “es la deformación entre las caras opuestas de las unidades de adobe, representadas por espacios vacíos (Cóncavo) o elevaciones sobresalientes (Convexo)”.



2.3.6. Absorción

La absorción es definida por Romero y Callasi (2017) como “la medida de la permeabilidad del bloque de albañilería, generalmente se toma como medida de la porosidad”.

2.3.7. Resistencia a la compresión

Según la NTP E. 080 establece que el esfuerzo se refiere a la carga que actúa sobre un cuerpo, manifestándose a través de fuerzas resistentes, conocidas como fuerzas internas. En términos más específicos, cuando se menciona el término "esfuerzo", se está haciendo referencia a la “magnitud de la fuerza dividida por la unidad de área”.

2.3.8. Resistencia a la flexión

En términos de ingeniería estructural, la resistencia a la flexión, según la definición de Gallegos y Casabonne (2005), se refiere a la capacidad de un material o estructura para resistir cargas, teniendo en cuenta que, cuando se analiza de manera individual en un muro, esta capacidad puede disminuir hasta alcanzar la resistencia que tendría si estuviera simplemente apoyada en sus extremos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

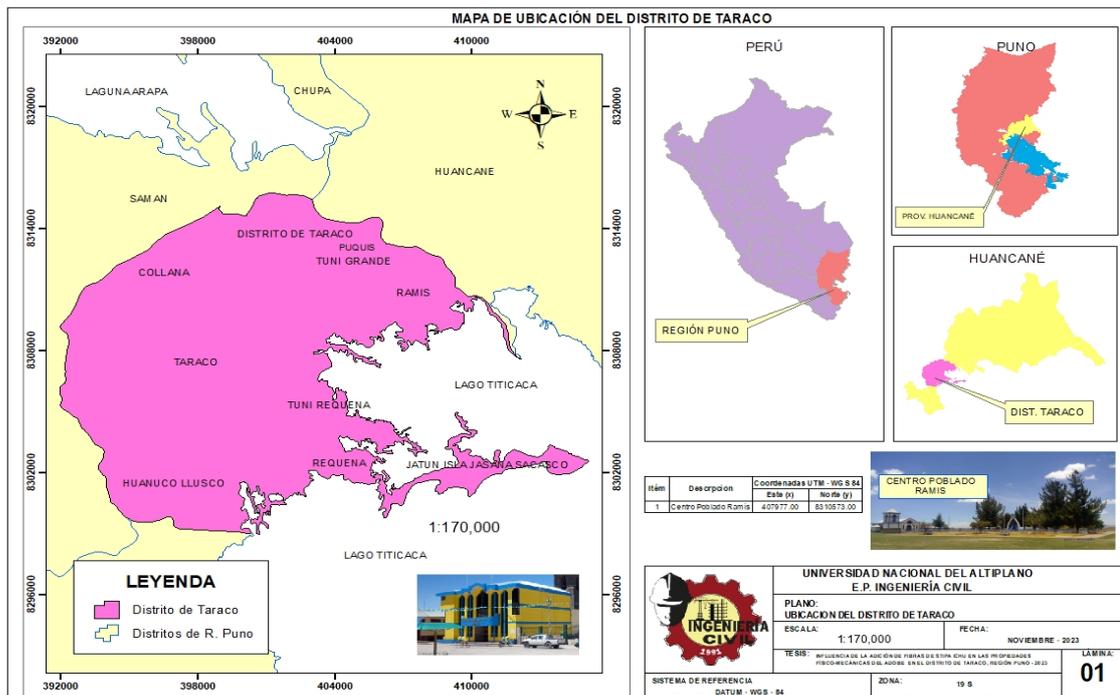
3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El desarrollo de la investigación se realizó en el C. P. de Ramis, forma parte del Distrito de Taraco, Provincia de Huancané, Región Puno, Perú. Este centro poblado se encuentra al norte de la ciudad de Puno, a una distancia de 74.5 km, con coordenadas UTM (19L 407156.5, 8310761.3) y a una altitud de 3826 m.s.n.m.

La elección de Taraco como área de estudio se justifica por su representatividad especialmente en lo que respecta a la abundancia de viviendas construidas con adobe, Este distrito proporciona un escenario idóneo para la investigación, destacando factores como la disponibilidad de suelos, las condiciones climáticas particulares y la accesibilidad al sitio de estudio.

Figura 6

Mapa de ubicación del Distrito de Taraco





3.2. DURACIÓN DEL ESTUDIO REALIZADO

El desarrollo de la investigación de esta tesis abarcó el período entre agosto y noviembre de 2023.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Tipo de Investigación

Según Borja (2016) considera aplicada, ya que busca comprender, intervenir, construir y modificar una realidad problemática con una aplicación inmediata en una situación específica. (p.10). Este enfoque se ve respaldado por la implementación de conocimientos de la NTP E. 080 y la realización de pruebas en campo, utilizando materiales locales.

Adicionalmente, se adopta un diseño transversal, conforme a la metodología de Hernández y Mendoza (2019), recopilando datos en un único momento para proporcionar una instantánea representativa de la situación actual. Se emplea un enfoque analítico para descomponer la investigación en múltiples ensayos, abordando aspectos clave como variabilidad dimensional, alabeo, absorción, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, siguiendo la metodología propuesta por Hurtado (2000).

3.3.2. Nivel de Investigación

Se clasifica como de nivel explicativo, conforme a la definición de Borja (2016), dado que se verifica la hipótesis mediante la manipulación deliberada por parte del investigador. Los resultados de los ensayos se analizan y contrastan para determinar las propiedades físico-mecánicas del adobe con la incorporación de Stipa ichu.



3.3.3. Diseño de la Investigación

Es experimental, este enfoque permitirá una evaluación precisa de cómo la incorporación de fibras de *Stipa ichu* afecta las propiedades del adobe, apoyándose en medidas objetivas y cuantificables.

Según Hernández y Mendoza (2019), definen como situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes “causas” para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes “efecto”. (p. 152)

3.3.4. Enfoque de la Investigación

Desde una perspectiva metodológica, la investigación se adscribe a un enfoque cuantitativo, en concordancia con la definición propuesta por Borja (2016). Este enfoque se basa en la confiabilidad de la medición numérica, el conteo y el uso de herramientas estadísticas para identificar patrones de comportamiento en la población estudiada. De esta manera, respalda la recopilación y análisis de datos, esto proporciona una base sólida para interpretar los resultados y validar las hipótesis planteadas (p.11).

3.3.5. Población

Está conformada por todos los adobes elaborados con la tierra ubicada en el Distrito de Taraco, con diferentes porcentajes de *Stipa ichu* y posteriormente sometidos para los ensayos en el laboratorio.

3.3.6. Muestra

Para la definición del tamaño de muestra, se realizó mediante el método de cálculo no probabilístico, además se consideró las recomendaciones de la Norma E.080 y antecedentes similares a la presente investigación, donde determinan que para la definición de las propiedades físicas como la variabilidad dimensional, alabeo y absorción se debe realizar según porcentajes, que hacen un total de 36 muestras, y para determinar las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión y compresión en diferentes porcentajes, hacen un total de 48 muestras, por lo tanto para el presente estudio el total del tamaño de muestra es de 84 especímenes, La distribución detallada de los especímenes de adobe se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6

Cantidad de especímenes para determinar propiedades físico-mecánicas

Porcentaje de Stipa ichu	Propiedades físicas			Propiedades mecánicas	
	Variabilidad dimensional	Alabeo	Absorción	Resistencia a la compresión	Resistencia a la flexión
0	3	3	3	6	6
0.3	3	3	3	6	6
0.6	3	3	3	6	6
0.9	3	3	3	6	6
Total	12	12	12	24	24

Nota: En la tabla mostrada se detalla la cantidad de muestras para su elaboración.

La elección de estos porcentajes se basa en la necesidad de encontrar un equilibrio entre la mejora de las propiedades del adobe y la factibilidad práctica de incorporar Stipa ichu en la mezcla. Además, se puede respaldar con revisión de literatura y estudios previos que sugieran rangos efectivos de adición de fibras



vegetales como Altamirano (2019) adicionó porcentajes como 0.0%, 0.40%, 0.80% y 1.20% del peso seco del suelo. Es fundamental considerar la disponibilidad local de *Stipa ichu* y su impacto ambiental para garantizar la sostenibilidad.

Para alcanzar el tercer objetivo relacionado con la aplicación del cuestionario, se empleó un muestreo no probabilístico mediante el método de muestreo intencional. Este enfoque implica la selección deliberada de participantes según criterios personales del investigador. La muestra estará compuesta por 40 pobladores reconocidos como expertos en la elaboración del adobe.

3.4. INSTRUMENTOS

3.4.1. Herramientas Metodológicos e instrumentos

En el desarrollo de la investigación sobre la "Influencia de la adición de fibras de *Stipa ichu* en las propiedades físico-mecánicas del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023", se emplearán varios instrumentos específicos para recolectar datos, realizar análisis y obtener resultados. Los instrumentos seleccionados se ajustan a los objetivos de la investigación, garantizando la precisión y fiabilidad de los datos recopilados. A continuación, se detallan los principales instrumentos utilizados:

3.4.1.1. Ensayos de laboratorio

- a. Objetivo:* Evaluar las propiedades físico-mecánicas del adobe con la incorporación de diferentes porcentajes de *Stipa ichu*.



- b. Descripción:** Se llevarán a cabo ensayos de resistencia a la compresión, flexión, alabeo, variabilidad dimensional y absorción en muestras de adobe con diferentes proporciones de Stipa ichu.
- c. Equipos Utilizados:** Se utilizarán equipos estándar de laboratorio de construcciones, como máquinas de ensayo, dispositivos de medición, y herramientas específicas para cada prueba.

3.4.1.2. Cuestionario semi estructurado

- a. Objetivo:** Obtener información detallada sobre la práctica actual de los pobladores en relación con la adición de Stipa ichu en la elaboración de adobe.
- b. Descripción:** Se diseñó un cuestionario semi estructurado con preguntas específicas sobre la cantidad de Stipa ichu agregada, los métodos de medición utilizados y observaciones sobre las propiedades del adobe resultante. Ver anexo 04.
- c. Población objetivo:** Habitantes del Distrito de Taraco con experiencia en la elaboración de adobes.
- d. Validación del cuestionario:** Se realizó la validación del instrumento por tres expertos. Ver anexo 05.

3.4.1.3. Análisis de imágenes satelitales

- a. Objetivo:** Evaluar el potencial de producción de Stipa ichu en el Distrito de Taraco.
- b. Descripción:** Se utilizarán imágenes satelitales de alta resolución para realizar análisis geospaciales en ArcGIS y determinar áreas potenciales para el cultivo de Stipa ichu.



- c. **Herramientas utilizadas:** ArcGIS para análisis de imágenes satelitales, software especializado para el procesamiento de imágenes.

3.4.1.4. Herramientas de análisis estadístico

- a. **Objetivo:** Analizar los datos recopilados y validar resultados.
- b. **Descripción:** Se emplearán herramientas estadísticas para analizar los datos del cuestionario y los resultados de los ensayos de laboratorio.
- c. **Equipos Utilizados:** Se utilizarán programas estadísticos como Excel para el análisis de datos en la investigación.

3.5. PROCEDIMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Elaboración de Bloques de Adobe

Para la elaboración de bloques de adobe se realizaron pruebas in situ según las recomendaciones de la Norma E 080, esto para definir el suelo adecuado para la elaboración de adobe.

3.5.1.1. Muestreo de suelo

Se identificó sitios representativos en el Distrito de Taraco y se realizó

- Como previo paso para la elaboración del adobe se procedió al muestreo de suelo con la utilización de equipos y materiales como: saquillos, plásticos, pala, pico y tablero señalizador.
- Se realizó el muestreo en tres puntos específicos del distrito de Taraco: en el Centro Poblado de Puquis, Centro Poblado de Huancollusco y Centro Poblado de Ramis. La selección de estos puntos se basó en la presencia de canteras que proporcionan material utilizado en la

producción de adobe, así como en la existencia de viviendas construidas con adobe en estas áreas. Este enfoque estratégico asegura la representatividad de las muestras, considerando tanto la fuente de los materiales como las estructuras construidas con ellos.

- Entre las tres muestras analizadas siguiendo las pautas establecidas por la Norma E. 080, se seleccionó específicamente la muestra N° 02. Como material de construcción.

Figura 7

Muestreo de suelo



Nota: En la imagen se observa el muestreo realizado

3.5.1.2. Prueba de la cinta de barro (ensayo in situ)

El propósito de esta prueba es ofrecer una estimación preliminar del contenido de arcilla en el suelo, fundamentando la idoneidad de este para la fabricación de adobes.

La prueba, de aproximadamente 10 minutos de duración, sigue los lineamientos establecidos por la Norma E. 080, garantizando un procedimiento estandarizado y confiable.

Procedimiento:

- Preparación de la muestra: Se debe mezclar la muestra representativa de suelo con agua hasta lograr una pasta que no se adhiera a los dedos.
- Formación del cilindro: Tomar una porción de la pasta y darle forma de cilindro con un diámetro aproximado de 12 mm.
- Moldeo de la cinta: “En una superficie plana, presionar suavemente el cilindro para formar una cinta con un espesor de 4 mm y una longitud de 25 cm”.

Figura 8

Formación de cilindros de 4mm



Nota: En la imagen se muestra la formación de cilindros

- Evaluación del resultado: Soltar la cinta permitiéndole caer hasta su ruptura.

Figura 9

Evaluación del resultado



Nota: En la imagen se muestra la evaluación realizada de la muestra

- Medición y tabla de evaluación: Medir la longitud del extremo roto y referirse a una tabla predefinida para evaluar el contenido de arcilla en el suelo, de acuerdo a la siguiente tabla.

Figura 10

Medición de la longitud del extremo roto



Nota: En la imagen se muestra la medición realizada para determinar el contenido de arcilla.

Tabla 7

Rango de contenido de arcilla

Tipo de suelo	Rango	Observación
Arenosa	Menos de 10 cm	“Inadecuada para elaboración de adobes”
Arcilla - arenosa	10 cm - 20 cm	“Adecuada para elaboración de adobes”
Arcillosa	20 – 25 cm	“Inadecuada para elaboración de adobes”

Nota: En la tabla se observa los rangos de contenido de arcilla.

3.5.1.3. Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca

Esta prueba, se ajusta a los estándares establecidos por la Norma E.080 y se lleva a cabo mediante la siguiente metodología:

Procedimiento:

- Preparación de la muestra: Mezclar una muestra representativa del suelo con la cantidad precisa de agua. Asegurarse de lograr una consistencia que permita formar bolitas en la palma de las manos sin que pierdan su forma al ser amasadas y al secarse.
- Moldeo de bolitas: Formar un total de cuatro bolitas con la mezcla obtenida y luego dejar secar las bolitas durante 48 horas, protegiéndolas del clima
- Aplicación de presión: Después del periodo de secado, someter una fuerte presión en cada bolita entre el pulgar y el índice.
- Parámetros de medición: Observar roturas o grietas en las bolitas como indicadores de la resistencia del material y si al menos una bolita

presenta fisuras, repetir la prueba con los mismos materiales y el mismo procedimiento.

- Evaluación final: Se realiza una evaluación visual para detectar roturas o grietas en las bolitas. En caso de que ninguna de las bolitas presente defectos, se determina que el material cuenta con la proporción adecuada de arcilla para ser utilizado en la fabricación de adobes.

Figura 11

Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca



Nota: se visualiza la prueba de presencia de arcilla de tres muestras.

3.5.1.4. Elaboración del adobe

Los bloques de adobe se elaboraron siguiendo las recomendaciones de un experto en la materia, basándose en su amplia experiencia en el trabajo con este tipo de materiales, el proceso de elaboración se detalla a continuación:

a. Equipos y materiales

- Moldes de madera
- Pala
- Plástico
- Balanza
- Buggy
- Pico

Figura 12

Equipos y materiales para la fabricación de adobe



Nota: Equipos y materiales utilizados para la elaboración del adobe.

b. Procedimiento

- **Extracción de suelo:** Se extrajo el suelo S-02 de la superficie del terreno del Centro Poblado de Ramis, suelo definido como material adecuado para la construcción, siguiendo las consideraciones de la Norma E. 080.

Figura 13

Extracción de suelo



Nota: Extracción del suelo S-02, suelo definido como material adecuado.

- Preparación para la mezcla: para cuantificar la cantidad precisa de suelo necesaria, se llevó a cabo el pesaje del suelo de acuerdo con los objetivos del estudio.

Figura 14

Preparación para la mezcla



Nota: preparación de la muestra

- **Hidratación de suelo para mezclado inicial:** Se realizó la hidratación del suelo S-02, durante 24 horas como parte de elaboración del adobe, siguiendo las buenas prácticas de construcción y las recomendaciones

de la Norma E 080 (2017) y se deja reposar hasta que tome una consistencia adecuada.

Figura 15

Hidratación de suelo



Nota: Hidratación de suelo para mezclado inicial por un tiempo de 24 horas.

- **Estabilización física de suelos:** Tras la hidratación del suelo, se mezcló la tierra con el agua utilizando los pies, hasta obtener una mezcla uniforme.

Figura 16

Mezclado de tierra



Nota: Mezclado de tierra con agua, para lograr una mezcla uniforme.

- **Selección de Stipa ichu:** La selección de Stipa ichu fue llevada a cabo de manera cuidadosa, considerando diversos factores cruciales para



asegurar la calidad y representatividad del material en el proceso de elaboración de adobes. A continuación, se detallan los aspectos fundamentales considerados en esta etapa:

Ubicación Geográfica: Se realizó una cuidadosa identificación de áreas en el Distrito de Taraco que pudieran representar de manera fiel las condiciones locales. Este enfoque garantiza que el Stipa ichu seleccionado sea característico de la región de estudio, contribuyendo así a la autenticidad de los resultados.

Variabilidad de Stipa ichu: La elección de áreas con variabilidad en la presencia de Stipa ichu subraya la importancia de considerar diferentes contextos locales. Esto asegura que la investigación abarque la diversidad de condiciones que pueden influir en las propiedades del adobe.

Proveniencia de Stipa ichu: Para la recolección de Stipa ichu, se optó por trabajar con muestras provenientes de la Comunidad de Tuni Grande.

Época Adecuada: La consideración de la época adecuada para la recolección de Stipa ichu refleja la atención a las condiciones estacionales. Asegurarse de trabajar con el material en la estación del año más relevante para la construcción de adobes contribuye a optimizar la calidad de las fibras.

El proceso culminó con el corte de las fibras de Stipa ichu, ajustándolas a longitudes específicas de 5 a 10 cm. Este paso es crucial para garantizar la uniformidad y manejabilidad de las fibras durante la incorporación en la mezcla de adobe.

- **Adición de Stipa ichu:** Luego de la mezcla, se procedió a la adición de la fibra Stipa ichu, siguiendo las proporciones establecidas para este estudio en porcentajes específicos (0.00%, 0.30%, 0.60% y 0.90%).

Figura 17

Adición de fibra Stipa ichu



Nota: Adición de Stipa ichu, con las proporciones establecidas.

- **Preparación de moldes de madera:** Para la elaboración de adobe, se llevaron a cabo las siguientes etapas: los moldes de madera se sumergieron en agua durante un período de 24 horas, con el propósito de saturarlos y disminuir el efecto de succión de humedad durante el proceso de moldeo.
- **Amasado final:** En esta fase, se procede a amasar la mezcla hasta obtener una consistencia fluida, y se procede a la elaboración de adobe utilizando los moldes y las cantidades predefinidas para el estudio. Estos bloques de adobe se exponen al aire libre y a la luz del sol, organizados según sus proporciones respectivas.

Figura 18

Elaboración de adobes



Nota: Elaboración de adobes de diferentes dimensiones.

3.5.2. Adición empírica de *Stipa ichu* en la elaboración de adobe

Procedimiento:

- *Diseño del cuestionario:* Se desarrolló un cuestionario con preguntas específicas sobre la práctica actual de los pobladores del Distrito de Taraco en cuanto a la adición de *Stipa ichu* en la elaboración de adobe. Se incluyó preguntas sobre la cantidad de *Stipa ichu* que agregan, los métodos de medición que utilizan, y cualquier observación sobre las propiedades del adobe resultante.
- *Población objetivo:* Se definió claramente la población objetivo, que en este caso son los habitantes del Distrito de Taraco que son expertos en la elaboración de adobes.
- *Selección de muestra:* Se utilizó un método de muestreo representativo para seleccionar una muestra significativa de pobladores en el Distrito de Taraco, en este caso a 40 pobladores con experiencia y conocimiento en la elaboración de adobe.
- *Encuestas presenciales:* Se realizó encuestas presenciales para facilitar una interacción más detallada y asegurar una comprensión completa de las



preguntas por parte de los encuestados, y durante estas encuestas, se proporcionó orientación adicional cuando fue necesario para garantizar la precisión de las respuestas.

- *Registro de respuestas:* Se registró cuidadosamente las respuestas de los encuestados en el cuestionario, asegurando de anotar cualquier comentario adicional relevante.
- *Validación de datos:* Se consideró la posibilidad de realizar entrevistas adicionales o consultas con expertos locales para validar la información recopilada durante la encuesta
- *Análisis de datos:* Se realizó un análisis de datos para identificar patrones, tendencias y cualquier variabilidad en las respuestas de los pobladores

3.5.3. Potencial de producción de Stipa ichu

Este procedimiento combina tecnologías de imágenes satelitales con herramientas geoespaciales como ArcGIS para evaluar de manera eficiente el potencial de producción de Stipa ichu en el Distrito de Taraco, proporcionando una representación visual y cuantitativa de las áreas más propicias.

Procedimiento:

- *Adquisición de imágenes satelitales:* Descargamos imágenes satelitales de para determinar la producción potencia de Stipa ichu en la actualidad y los datos de MINAM 2015 específicamente para el Distrito de Taraco. Ver Anexo 4.
- *Preprocesamiento de imágenes:* Se realizó el preprocesamiento de las imágenes para corregir cualquier distorsión o error, incluyendo la corrección



- atmosférica y georreferenciación y se utilizó software especializado para garantizar la calidad de las imágenes. Ver Anexo 4.
- *Identificación de áreas potenciales:* Se empleó herramientas de análisis de imágenes satelitales en ArcGIS para identificar áreas potenciales para el cultivo de Stipa ichu. Ver Anexo 4.
 - *Zonificación del potencial de producción:* Asignamos puntos específicos a partir de la recolección de puntos de muestreo en campo, ingresando los datos a ArcGIS para realizar esta zonificación. Ver Anexo 4.
 - *Validación de resultados en campo:* Realizamos visitas de validación en campo para cotejar los resultados obtenidos virtualmente con las condiciones reales. Se ajustó el modelo según las observaciones y datos recopilados en el terreno. Ver Anexo 4.
 - *Generación de mapas de potencial de producción:* Utilizando ArcGIS, creamos mapas temáticos detallados que visualizan de manera clara y precisa las áreas clasificadas como alto, medio y bajo potencial de producción de Stipa ichu en el Distrito de Taraco. Ver Anexo 4.
 - *Informe de resultados:* Se documentó y se presentó los resultados obtenidos, incluyendo mapas, análisis de rendimiento virtual y validación en campo.

3.5.4. Caracterización de Stipa ichu

La caracterización de Stipa ichu se realizó mediante una salida de campo y reconocimiento del entorno, Luego, se extrajeron muestras utilizando el método del cuadrante, este método implica el uso de un marco de 1 m². Después de cortar Stipa Ichu en todo el cuadrante, las muestras se colocan en sus respectivos envoltorios. Posteriormente, se realiza la pesada de las muestras con el objetivo de determinar un promedio de peso de Stipa Ichu por metro cuadrado. Este

proceso contribuye a obtener información precisa sobre la densidad de *Stipa Ichu* en la zona estudiada, permitiendo así una caracterización más detallada de esta especie gramínea en el área de investigación. Posteriormente se procede a realizar ensayo en laboratorio para determinar sus características físicas del *Stipa ichu*.

Figura 19

Extracción de muestra de Stipa ichu



Nota: Extracción de la muestra y registro de peso por metro cuadrado.

3.6. ENSAYOS DE LABORATORIO

3.6.1. Muestreo de suelo

Este método de muestreo garantiza la representatividad de la muestra al seleccionar partes opuestas con características similares, proporcionando una base confiable para los ensayos de laboratorio.

a. Equipos y materiales

- Bandeja metálica
- Espátula
- Saquillos

b. Procedimiento

- Después de recolectar la muestra de material, se dividió en cuatro partes aproximadamente iguales mediante el cuarteo en una bandeja metálica.
- Se eligieron las dos partes opuestas que mostrarán características similares como muestra representativa.
- Las porciones seleccionadas se agruparon de manera repetitiva hasta obtener la cantidad de suelo necesaria para el ensayo.

Figura 20

Cuarteo de suelo



Nota: Cuarteo de la muestra, para garantizar la representatividad de la muestra.

3.6.2. Ensayo de Granulometría

El ensayo de granulometría fue realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la EPIC-UNAP, específicamente para el suelo S-2, que ha sido seleccionado para la fabricación de adobes en el Centro Poblado de Ramis.

Este análisis granulométrico se realizó utilizando las metodologías y equipos estandarizados necesarios para caracterizar la distribución de tamaños de

partículas en el suelo, proporcionando información esencial para la adecuada clasificación y utilización del material en la construcción de adobes.

a. Normativa de los ensayos

Las normas estándar empleadas para llevar a cabo el análisis granulométrico mediante tamizado se especifican en la tabla siguiente:

Tabla 8

Normativa para los ensayos de análisis granulométrico

Tipo de ensayo	Normas	
	NTP	ASTM
Análisis granulométrico por tamizado	339.128	D422 - 63

Nota: Los ensayos de análisis granulométrico por tamizado se realizaron según la norma NTP 339.128 y ASTM D422-63.

b. Equipos y materiales

- Balanza
- Brocha
- Recipientes
- Tamices

c. Procedimiento

- Se eligió el conjunto de tamices en función del tipo de suelo presente.
- Los tamices se apilaron uno sobre otro, comenzando por el de mayor abertura en la parte superior y continuando en orden descendente de tamaño de abertura, disminuyendo gradualmente. Se colocó una bandeja metálica en la base de la columna de tamices.

- La muestra de suelo a analizar se colocó en el tamiz superior y se sometió a vibración manual en dirección horizontal y vertical, permitiendo que las partículas atravesasen la serie de tamices.
- Finalmente, se llevó a cabo la pesada del material retenido en cada uno de los tamices.

Figura 21

Granulometría por tamizado y registro de datos



Nota: Análisis granulométrico de la muestra S-02.

3.6.3. Límite de Atterberg

Este ensayo se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos de la EPIC-UNAP, específicamente para el suelo S-2, seleccionado para la producción de adobes en el Centro Poblado de Ramis. El objetivo principal de este ensayo fue determinar el “Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP)” de la muestra, información esencial para comprender las propiedades físicas del suelo y evaluar su idoneidad en la elaboración de adobes.

Normatividad de los ensayos

Las normativas empleadas en la ejecución del ensayo de “Límite Líquido y Límite Plástico”, también conocido como ensayo de límites de Atterberg, se especifican en la tabla que sigue a continuación:

Tabla 9*Normativa para ensayo de límites Atterberg*

Tipo de ensayo	Normas	
	NTP	ASTM
Límite Líquido y Límite Plástico	339.129	D418 - 10

Nota: Los ensayos de análisis granulométrico por tamizado se realizaron según la norma NTP 339.129 y ASTM D418-10.

Fundamento matemático

La evaluación de los Límites de Atterberg, Líquido (LL) y Plástico (LP), se llevó a cabo siguiendo las directrices establecidas por la Norma NTP 339.129 (1999). Este método implica la obtención del porcentaje de humedad en el punto preciso en el cual la muestra de suelo se encuentra en un estado intermedio entre líquido y plástico.

El Límite Líquido (LL) se define como “el contenido de humedad en el cual el suelo se cierra en una ranura de 0.08 pulgadas (2 mm) de ancho, cuando se somete a una prueba de penetración utilizando un dispositivo denominado como copa de Casagrande”. Este procedimiento, basado en normativas específicas, garantiza la obtención precisa de los límites de consistencia, proporcionando información esencial sobre el comportamiento del suelo en relación con su contenido de humedad.

$$LL^n = W^n * \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

$$LL^n = K * W^n$$

Donde:



LL^n : Límite Líquido (en %).

W^n : Contenido de agua (en %)

N : Número de golpes para cerrar la ranura.

K : Factor de límite líquido.

El Límite Plástico (LP) se determina como “el contenido de humedad crítico en el cual un suelo pasa de un estado plástico a uno semisólido. Se establece mediante una prueba de moldeo utilizando el método de rodillo y placa, donde un hilo de suelo de 1/8 de pulgada (3.2 mm) de diámetro puede enrollarse sin romperse en una longitud de 1/2 pulgada (12.7 mm)”.

Una vez calculados los límites líquido y plástico, se determina “el Índice de Plasticidad (IP), que representa la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Este índice es fundamental para medir la capacidad de deformación de un suelo arcilloso sin fracturarse. Además, el Índice de Plasticidad se emplea en la clasificación de suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)”.

$$L_p = LL - LP$$

Donde:

LL: Valor del Límite Líquido (%)

LP: Valor del Límite Plástico (%)

3.6.3.1. Límite Líquido

a. Equipos y materiales

- Cuchara de Casagrande



- Acanalador
- Mortero
- Probetas
- Espátula
- Taras
- Balanza electrónica (precisión de 0.1 gr)
- Tamiz #40
- Horno

b. Procedimiento

- El proceso comenzó “preparando una pasta de suelo con una humedad ligeramente superior al límite líquido en un recipiente.
- Se colocaron entre 50 y 70 gramos de suelo húmedo en la cápsula, nivelando la superficie a una altura de 1 centímetro con una espátula.
- Se dividió la muestra en dos mitades simétricas dentro de la cápsula utilizando un acanalador.
- Girando la manivela de manera uniforme a una velocidad de 2 revoluciones por segundo, se cerró el surco previamente realizado con el acanalador.
- Se repitió este proceso aumentando gradualmente la cantidad de muestra seca en la mezcla.
- Por último, después de cerrar el surco, se extrajo una muestra de suelo en esa región para medir su contenido de humedad y calcular el límite líquido”.

Figura 22

Ensayo de Límite Líquido



Nota: Ensayo realizado para determinar el Límite Líquido

3.6.3.2. Límite Plástico

a. Equipos y materiales

- Placa de vidrio
- Balanza electrónica (precisión de 0.1 gr)
- Probetas
- Tamiz #40
- Horno
- Taras
- Espátula
- Mortero

b. Procedimiento

- Se utilizó una parte del material que quedó del ensayo de límite líquido, dándole forma de bolitas.
- Se amasó la mezcla hasta lograr una consistencia que permitiera la formación de rollos de suelo.
- Se continuó formando rollos con el suelo hasta obtener cilindros que, al alcanzar un diámetro de 3 mm, mostraran grietas.

- Los cilindros de suelo se colocaron en dos recipientes para calcular un promedio del valor de humedad obtenido de cada uno.
- Se pesaron los recipientes que contenían el suelo húmedo. Luego, se colocaron en la estufa y, una vez que el suelo estuvo completamente seco, se midió nuevamente su peso.

Figura 23

Ensayo de Límite Plástico



Nota: se visualiza la realización del ensayo para determinar el Límite Plástico.

3.6.4. Ensayo de Variabilidad Dimensional

El ensayo de variabilidad dimensional fue realizado en el laboratorio de Construcciones de la EPIC-UNAP, el cual abarcó mediciones específicas destinadas a evaluar la variación en las dimensiones del adobe. Estos ensayos proporcionan información esencial sobre la uniformidad y consistencia en las dimensiones del material, elementos críticos para garantizar la calidad y la integridad en su aplicación constructiva.

a. Equipos y materiales

- Muestras representativas de adobe.
- Vernier.
- Regla metálica milimétrica.

b. Procedimiento

- Preparación de las muestras: Se seleccionó muestras representativas de adobe y se aseguró de que las muestras estén secas y limpias.
- Medición de dimensiones: Se procedió a medir las dimensiones (altura, ancho y longitud) de cada muestra con una regla metálica milimétrica.
- Registro de datos iniciales: se registró las dimensionales para cada muestra.
- Comparación de dimensiones: Comparar las dimensiones medidas de cada muestra con las dimensiones especificadas.
- Análisis de resultados: finalmente se analizó las mediciones y cualquier cálculo realizado para evaluar la variabilidad dimensional entre las muestras.

Figura 24

Medición de dimensiones y registro de datos



Nota: Medición de dimensiones en los adobes tradicionales.

3.6.5. Ensayo de Alabeo

Los ensayos de alabeo fueron realizados dentro del laboratorio de Construcciones de la EPIC-UNAP. Estas pruebas incluyeron mediciones específicas diseñadas para evaluar el alabeo del adobe. El ensayo de alabeo

proporciona información valiosa sobre la deformación y estabilidad del material, aspectos cruciales en la evaluación de su desempeño estructural y constructivo.

a. Equipos y materiales

- Muestras representativas de adobe
- Regla metálica
- Cuña de medición graduada

b. Procedimiento

- Preparación de las muestras: Se seleccionó muestras representativas de adobe y luego asegúrate de que las muestras estén secas y limpias
- Ubicación en superficie plana: se colocó cada muestra sobre una superficie plana y nivelada.
- Medición del alabeo: se utilizó una regla metálica milimétrica para medir la distancia entre dos puntos diagonales opuestos en la superficie superior de la muestra.
- Registro de datos: Finalmente se registró las mediciones de alabeo para cada muestra

Figura 25

Medición de alabeo



Nota: Ensayo de alabeo, con la medición en los adobes tradicionales.

3.6.6. Ensayo de Absorción

Los ensayos de absorción se realizaron en el laboratorio de Construcciones de la EPIC-UNAP, donde se realizaron pruebas específicas para evaluar la capacidad del material para resistir la absorción de agua. Estos ensayos son fundamentales para comprender cómo el material reacciona y se comporta frente a la presencia de humedad.

a. Equipos y materiales

- Muestras representativas de adobe
- Balanza electrónica
- Cubetas de plástico
- Cronómetro
- Bandeja

b. Procedimiento

- Preparación de las muestras: Se emplearon doce unidades secas completas para cada dosificación, debidamente marcadas.
- Peso inicial de las muestras: Se procedió a pesar cada muestra en una balanza y se registró el peso inicial.

Figura 26

Registro de peso inicial de adobes tradicionales



Nota: Registro de peso inicial de la muestra de adobe tradicional

- Inmersión en agua: Se sumergió completamente cada muestra en agua durante un tiempo específico.
- Retiro de las muestras: Después del tiempo de inmersión, se retiró las muestras del agua y se registró el peso final de las muestras.

Figura 27

Inmersión en agua de adobes tradicionales



Nota: Ensayo de absorción realizado en el laboratorio de construcciones EPIC.

3.6.7. Ensayo de Resistencia a la Compresión

Realizado en el laboratorio de Construcciones de la EPIC-UNAP, donde se realizaron ensayos mecánicos específicos para evaluar la capacidad de resistencia del material frente a fuerzas de compresión.

a. Normativa de los ensayos

Se realizaron siguiendo normas específicas, tomando como base de comparación los bloques de albañilería estructural debido a su similitud con las muestras en estudio. Estas normas se detallan en la siguiente tabla:



Tabla 10

Normativa para ensayos mecánicos de compresión

Tipo de ensayos	Normas	
	NTP	ASTM
Compresión	339.613	-

Nota: Los ensayos de análisis granulométrico por tamizado se realizaron según la norma NTP 339.613.

Estas normativas proporcionan un marco de referencia crucial para evaluar la resistencia a la compresión de las muestras, garantizando la coherencia y comparabilidad de los resultados obtenidos durante los ensayos.

b. Equipos y materiales

- Equipo de Resistencia a la Compresión
- Lámina de neopreno
- Regla metálica

c. Procedimiento

- Preparación de las muestras: Se seleccionaron muestras específicas de adobe para los ensayos. Después de la selección, se procedió a “medir y registrar el área de las caras que estarán en contacto con la máquina de compresión”.

Figura 28

Preparación y selección de las muestras



Nota: Se seleccionaron las muestras para su posterior ensayo.

- Montaje de la muestra en la máquina: Luego, se colocaron láminas de neopreno para “asegurar que toda el área del bloque de adobe estuviera en contacto completo con la máquina”.

Figura 29

Montaje de la muestra en la máquina



Nota: Colocación de la muestra en el equipo.

- Aplicación gradual de la carga: Aplica una carga de manera gradual a la muestra hasta que alcance su punto de rotura y registra la carga máxima antes de la ruptura.

Figura 30

Aplicación gradual de la carga



Nota: Aplicación de la carga, hasta que alcance su punto de rotura.

3.6.8. Ensayo de Resistencia a la Flexión

Se realizó en el laboratorio de Construcciones de la EPIC-UNAP, estos ensayos implicaron la evaluación de la capacidad del material para resistir fuerzas de flexión, proporcionando información valiosa sobre su comportamiento estructural y su idoneidad en aplicaciones constructivas que involucren cargas flexionales.

a. Equipos y materiales

- Equipo de resistencia a la flexión
- Regla metálica

b. Procedimiento

- Preparación de muestras: se seleccionó muestras representativas de bloques de adobe para el ensayo, asegurándose de que las muestras estén limpias y secas.

- Configuración del equipo: Ajustar y calibrar el equipo de ensayo de resistencia a la flexión de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Figura 31

Configuración y trazabilidad del equipo



Nota: Se utilizó un equipo de flexión estándar, configurado y con trazabilidad según las especificaciones.

- Montaje de muestras: Colocar cuidadosamente la muestra de adobe en la máquina de ensayo, asegurándose de que esté posicionada correctamente para la aplicación de la fuerza.
- Aplicación de la carga: Aplicar gradualmente una carga en el punto de flexión de la muestra hasta que se alcance el punto de rotura y registrar la carga máxima antes de la fractura.
- Registro de datos: “Registrar la deformación o desplazamiento de la muestra durante la aplicación de la carga, tomar nota de cualquier comportamiento anómalo o cambio en las propiedades de la muestra”.
- Análisis de resultados: Calcular la resistencia a la flexión utilizando la carga máxima registrada y la geometría de la muestra.

Figura 32

Aplicación de carga y registro de datos



Nota: Aplicación de la carga en el equipo de resistencia a flexión.

3.6.9. Ensayos de caracterización físicas del Stipa ichu

3.6.9.1. Ensayo de contenido de humedad y masa seca

El objetivo de este ensayo es calcular la cantidad de agua presente en una sustancia en relación con su masa seca, es decir, la sustancia en su estado anhídrido.

$$W\% = \frac{Mh - Ms}{Ms}$$

Donde:

W%: Contenido de humedad (%)

Mh: Masa húmeda de la muestra

Ms: Masa seca de la muestra

a. Equipos y materiales

- Balanza de precisión de 0.001g



- Estufa (secador de muestras)
- Disecador campana de vidrio (cloruro de calcio)
- Sobres manila

b. Procedimiento

- Registro del peso: Se registran los pesos de los sobre manila, luego se coloca las muestras dentro del sobre manila y de nuevo se registra su peso para cada muestra.
- Proceso de secado: La muestra se coloca en una estufa durante 24 horas para eliminar toda la humedad.
- Después del secado, “la muestra se retira de la estufa y se coloca en un desecador con una campana de vidrio que contiene cloruro de calcio”.
- Se registra el peso de la muestra una vez que ha sido completamente secado.
- Se repite este procedimiento en cinco ocasiones adicionales para obtener datos replicados y garantizar la precisión de los resultados.

3.6.9.2. Ensayo de densidad mediante el método gravimétrico

La densidad de un material se calcula dividiendo su masa por su volumen de una sustancia para determinar su densidad. Este método implica medir la masa de la muestra y calcular su volumen para luego aplicar la fórmula de densidad.

$$D = \frac{m}{v}$$

Donde:



D: Densidad (g/cm³)

m: Masa de la muestra

v: Volumen de la muestra

a. Equipos y materiales

- Balanza de precisión de 0.001g
- Probetas graduadas
- Estufa de secado

b. Procedimiento

- Preparación de las Muestras: Recortar tallos secos de Stipa Ichu en longitudes aproximadas de 5 cm para crear muestras homogéneas.
- Registro del Peso de la Muestra: Anotar el peso de la muestra en gramos utilizando una balanza de alta precisión.
- Inmersión en Agua: Colocar la muestra de tallos secos de Stipa Ichu en probetas graduadas llenas de agua.
- Medición del Volumen: Medir el volumen final del agua en la probeta, teniendo en cuenta el desplazamiento causado por la introducción de los tallos.
- Cálculo de la Densidad: Calcular la densidad utilizando la fórmula, donde la masa es el peso registrado y el volumen es la diferencia en el nivel del agua antes y después de la inmersión de los tallos.
- Repetición y Promediado: Repetir el procedimiento en al menos cinco ocasiones adicionales para obtener datos replicados y



calcular un promedio de la densidad, lo que contribuye a la precisión de los resultados.

3.6.9.3. Ensayo de porosidad

Se realizó para calcular la capacidad de absorción de agua de un material. La fórmula utilizada para calcular la porosidad (P_m) se expresa de la siguiente manera:

$$P_m = \frac{D_{agua}}{D_s} * 100\%$$

Donde:

P_m : Porosidad de la muestra (%)

D_{agua} : Densidad del agua (g/cm³)

D_s : Densidad seca de la muestra (g/cm³)

a. Equipos y materiales

- Balanza de precisión de 0.001g
- Recipiente de vidrio
- Estufa de secado

b. Procedimiento

- Preparación de las Muestras: Cortar tallos secos de *Stipa Ichu* en trozos de aproximadamente 5 cm para obtener muestras uniformes.
- Secado en Estufa: Colocar las muestras en una estufa a 65°C y dejarlas secar durante 24 horas para garantizar que estén completamente desprovistas de humedad.



- Registro del Peso de Muestra Seca: “Anotar el peso de cada muestra en gramos después de secarlas”, utilizando una balanza de precisión.
- Inmersión en Agua: Sumergir las muestras secas en agua y dejarlas en reposo durante 24 horas para permitir la absorción de agua.
- Registro del Peso de Muestra Húmeda: Después de la inmersión, registrar el peso de cada muestra húmeda en gramos.
- Repetición del Procedimiento: Repetir el procedimiento en al menos cinco ocasiones adicionales para obtener datos replicados y calcular un promedio de la porosidad, aumentando así la precisión de los resultados.

3.6.9.4. Ensayo de cenizas

El Ensayo de Cenizas implica la combustión de la materia orgánica presente en una muestra a una temperatura específica. Este proceso resulta en la eliminación de la materia orgánica, que se convierte en dióxido de carbono (CO₂). El residuo que queda después de la combustión consiste en las sustancias minerales presentes en la muestra original, independientemente de su origen funcional en el material original.

$$Cen = \frac{(T + Cen) - T}{MH} * 1000$$

$$Cen = \frac{(T + Cen) - T}{(MH * MS105) * 1000}$$

$$Cen = \frac{Cen}{MS105}$$



Donde:

Cen: Cenizas (g/kg MH)

MH: Material húmeda (g)

MS105: Coeficiente de materia seca a 105°C (g/g)

T: Peso de la tara (g)

- ***Equipos y materiales***

- Balanza de precisión de 0.001g
- Mortero/ molidor metálico
- Capsulas de porcelana
- Disecador de campana
- Mufla

- ***Procedimiento***

- Preparación del Sustrato: La muestra de trabajo es el sustrato, que se obtiene moliendo y secando la muestra a 65°C.
- Duplicación del Procedimiento: Realizar el procedimiento por duplicado para cada muestra, lo que garantiza resultados más confiables y precisos.
- Secado de las Cápsulas: Para garantizar que las cápsulas de porcelana estén completamente secas, se colocan en la estufa a 105°C al menos desde la tarde anterior al procedimiento.
- Luego de retirar las cápsulas de la estufa y permitir que se enfríen en el desecador durante unos 15 a 30 minutos, registrar el peso de cada cápsula (denominado "T") utilizando una balanza analítica.



Es esencial manipular las cápsulas con cuidado para evitar la introducción de humedad adicional.

- Colocación de la Muestra en la Cápsula: Colocar una alícuota conocida de la muestra (aproximadamente 2g) en la cápsula.
- Ajuste de la Mufla a 650°C: Regular la mufla (un tipo de horno de alta temperatura) a 650°C y encenderla después de que las cápsulas con las muestras estén en su interior. Este paso indica que las muestras serán sometidas a una temperatura elevada, probablemente para realizar un ensayo de cenizas u otro análisis a alta temperatura.
- Mantenimiento de la Temperatura: Una vez que la mufla ha alcanzado la temperatura final de 650°C, se debe mantener constante durante 2 horas. Esto asegura que (la combustión de la materia orgánica en la muestra se complete de manera adecuada).
- Enfriamiento de la Mufla: Apagar la mufla y permitir que se enfríe antes de manipular las cápsulas. Este paso es crucial para garantizar la seguridad y evitar quemaduras al manejar materiales a altas temperaturas.
- Retiro y Pesado de las Cápsulas: Retirar las cápsulas con las muestras de la mufla y colocarlas en el desecador para permitir su enfriamiento. Una vez enfriadas, pesar las cápsulas para determinar la masa de las cenizas resultantes.
- Determinación de Cenizas: Se menciona que es posible seguir con la determinación de cenizas utilizando las cápsulas que han sido preparadas previamente.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

En este capítulo, se expondrán y se analizarán los resultados obtenidos mediante el empleo de diversos instrumentos y metodologías en la investigación centrada en la "Influencia de la adición de fibras de *Stipa ichu* en las propiedades físico-mecánicas del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023". La estructura de este capítulo se ha diseñado en secciones clave con el propósito de brindar una comprensión clara y detallada.

4.1.1. Resultados de características del suelo para la elaboración del adobe

4.1.1.1. Prueba de la cinta de barro (ensayo in situ)

Al llevar a cabo la prueba de la cinta de barro como parte de la evaluación in situ de las características del suelo destinado a la elaboración de adobe, se lograron identificar aspectos significativos. Los resultados obtenidos a través de este ensayo proporcionaron valiosa información sobre la plasticidad del suelo, esencial para determinar su idoneidad en la construcción de adobes. La prueba se ejecutó de acuerdo con los estándares establecidos en la norma E.080. A continuación, se detallan los resultados clave derivados de la mencionada prueba.

Tabla 11*Evaluación de cinta de barro – Suelo 01*

Muestra	Tipo de suelo	Rango (cm)	Longitud (cm)
SUELO 01 S-01	Arenosa	Menos de 10 cm (Inadecuada)	21.3
	Arcillo-arenosa	10 cm - 20 cm (Adecuada)	
	Arcillosa	20 cm - 25 cm (Inadecuada)	

Nota: (En la tabla se observa la evaluación de la prueba de cinta de S-01)

Según los resultados de la *Tabla 11*, la fracción de cinta que cayó al suspenderla fue del 21.3. Esta cifra indica que el suelo S-01 se clasifica como arcilloso, llegando a la conclusión de que “no es adecuado para la elaboración de adobes”.

Tabla 12*Evaluación de cinta de barro – Suelo 02*

Muestra	Tipo de suelo	Rango (cm)	Longitud (cm)
SUELO 02 S-02	Arenosa	Menos de 10 cm (Inadecuada)	14.2
	Arcillo-arenosa	10 cm - 20 cm (Adecuada)	
	Arcillosa	20 cm - 25 cm (Inadecuada)	

Nota: En la tabla se observa la evaluación de la prueba de cinta de S-02

Según los resultados de la *Tabla 12*, la fracción de cinta que cayó al suspenderla fue del 14.2. Esta cifra indica que el suelo S-02 se clasifica

como arcilloso-arenoso, concluyendo que es adecuado para la elaboración de adobes.

Tabla 13

Evaluación de cinta de barro – Suelo 03

Muestra	Tipo de suelo	Rango (cm)	Longitud (cm)
SUELO 03 S-03	Arenosa	Menos de 10 cm (Inadecuada)	11.4
	Arcillo-arenosa	10 cm - 20 cm (Adecuada)	
	Arcillosa	20 cm - 25 cm (Inadecuada)	

Nota: En la tabla se observa la evaluación de la prueba de cinta de S-03

De acuerdo a los resultados de la *Tabla 13*, la fracción de cinta que cayó al suspenderla fue del 11.4. Esta cifra indica que el suelo S – 03 se clasifica como arcillo-arenosa, concluyendo que es adecuado para la elaboración de adobes.

4.1.1.2. Prueba de presencia de arcilla (ensayo in situ)

Al llevar a cabo la prueba de presencia de arcilla como parte integral de la evaluación in situ de las características del suelo destinado a la elaboración de adobe, se lograron identificar aspectos significativos. Los resultados obtenidos a través de este ensayo ofrecen una valiosa perspectiva sobre la composición del suelo, brindando información clave para la comprensión de sus propiedades y su idoneidad en el proceso de elaboración de adobe. A continuación, se detallan los resultados.

Tabla 14

Prueba de presencia de arcilla

Muestra	Si se rompe	No se rompe
Suelo 01 (S – 01)	-	X
Suelo 02 (S – 02)	-	X
Suelo 03 (S – 03)	-	X

Nota: En la tabla se observa la evaluación de resistencia seca

La *Tabla 14* se muestran los resultados de la prueba en la que “las cuatro muestras de cada tipo de suelo fueron sometidas a presión entre el pulgar e índice”. Como conclusión, se determinó que los suelos del tipo S-01, S – 02 y S – 03 tienen presencia de arcilla suficiente, lo que los hace aptos para la elaboración de adobes.

4.1.1.3. Análisis granulométrico por tamizado

El ensayo de granulometría se llevó a cabo exclusivamente en el suelo S – 02, identificado como el más apropiado para la elaboración de adobe a través de pruebas in situ. Para este análisis, se empleó una serie de tamices, permitiendo una evaluación detallada de la distribución de tamaños de partículas en el suelo seleccionado.

Los resultados detallados del ensayo de granulometría por hidrómetro se encuentran en el Anexo 3.1, donde se detalla que el porcentaje de partículas de arcilla es del 10.7% y el de limos es del 24.4%.

Tabla 15

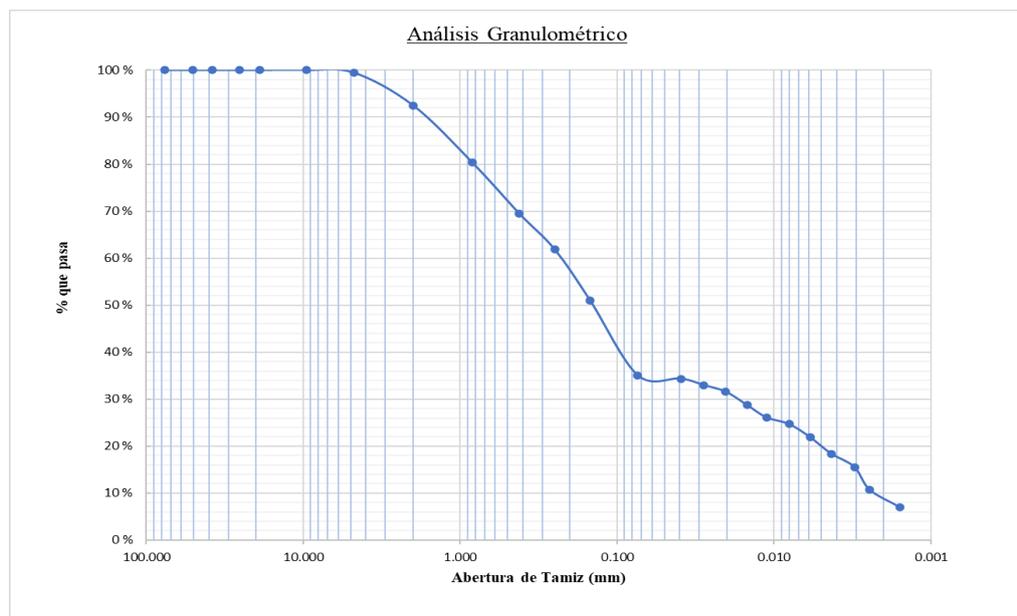
Análisis granulométrico del suelo S - 02

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Porcentaje que pasa	Descripción de la muestra S - 02
3"	76.200	-	-	-	100.00	Peso inicial: 426.98 Gr
2"	50.600	-	-	-	100.00	Grava: - %
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Arena: 64.94 %
1"	25.400	-	-	-	100.00	Finos 35.06 %
3/4"	19.050	-	-	-	100.00	
3/8"	9.525	0	-	-	100.00	CLASIFICACIÓN
#4	4.760	2.43	0.57	0.57	99.43	SUCS: CL - ML
#10	2.000	29.65	6.94	7.51	92.49	
#20	0.840	51.78	12.13	19.64	80.36	
#40	0.420	46.64	10.92	30.56	69.44	
#60	0.250	32.50	7.61	38.18	61.82	
#140	0.149	46.09	10.79	48.97	51.03	
#200	0.074	68.17	15.97	64.94	35.06	
<#200		149.72	35.06	100.00	0.00	

Nota: En la tabla se muestra el análisis granulométrico del suelo S-02

Figura 33

Gráfica de la curva granulométrica



Nota: La figura se muestra la curva granulométrica obtenida mediante tamizado e hidrómetro.

4.1.1.4. Límites de consistencia

La evaluación de los límites de consistencia se concentró exclusivamente en el suelo S – 02, previamente señalado como el más idóneo para la elaboración de adobe. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en este ensayo.

Tabla 16

Resultado para Límite Líquido

Descripción	Límite Plástico			
	Nº	01	02	03
Nº de ensayo	Nº	01	02	03
Nº de depósito (recipiente)	Nº	S - 41	S - 62	T - 03
Peso del suelo húmedo + recipiente	gr	26.58	29.57	33.43
Peso de suelo seco + recipiente	gr	25.19	27.64	32.16
Peso del agua	gr	1.39	1.93	1.27
Peso del recipiente	gr	17.39	16.88	24.82
Peso del suelo seco	gr	7.8	10.76	7.34
Contenido de agua w%	%	17.82%	17.94%	17.30%

Nota: en la tabla se muestra los datos considerados para determinar Límite Líquido.

Figura 34

Gráfico de Límite Líquido

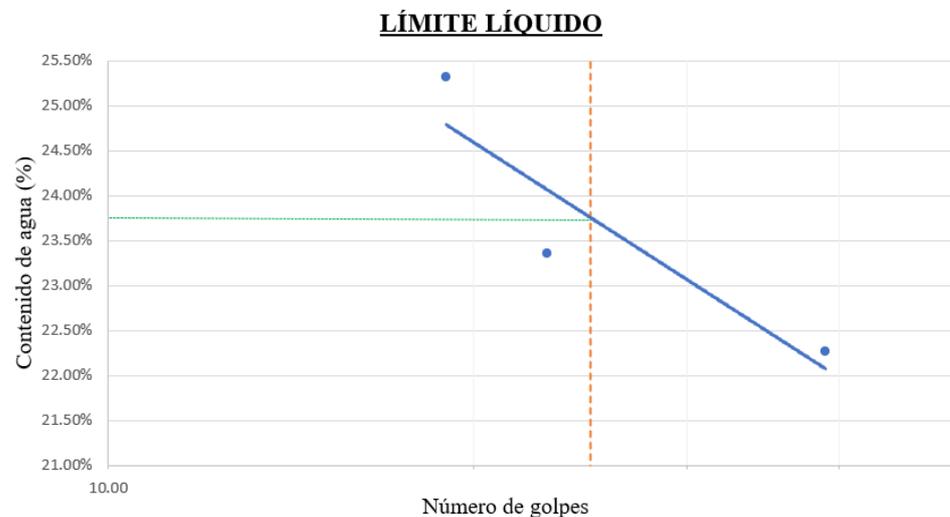


Tabla 17*Resultado para Límite Plástico*

Descripción	Límite Líquido			
	N°	1	2	3
N° de ensayo	N°	1	2	3
N° de depósito (recipiente)	N°	S -42	S - 56	T - 01
Peso del suelo húmedo + recipiente	gr	35.31	34.79	41.26
Peso de suelo seco + recipiente	gr	31.85	31.42	38.02
Peso del agua	gr	3.46	3.37	3.24
Peso del recipiente	gr	18.18	16.99	23.47
Peso del suelo seco	gr	13.67	14.43	14.55
Contenido de agua w%	%	25.31%	23.35%	22.27%
Numero de golpes	gr	19	23	39

Nota: En la tabla se muestra los datos considerados para determinar Límite Plástico

Tabla 18*Resultado del ensayo LL, LP e LP*

Descripción	Resultados (%)
	Suelo S - 02
“Límite Líquido (LL)	23.56
Límite Plástico (LP)	17.69
Índice Plástico (IP)”	5.87

Nota: Los resultados presentados corresponden a los análisis de suelo de la muestra S-02

4.1.2. Resultados de caracterización del Stipa ichu

4.1.2.1. Resultado – ensayo de contenido de humedad

Se realizó en el Laboratorio de Suelos y Agua de la EPIA de la UNA-PUNO. Este ensayo tiene como objetivo “determinar la cantidad de humedad presente en las muestras de Stipa Ichu, proporcionando información esencial sobre la composición física del material”.

Tabla 19

Resultado de % de humedad y masa seca de Stipa ichu

Muestra	Peso de la muestra (g)	Peso de sobre manila (g)	Peso seco de ichu (g)	Humedad %	Masa seca %
M01	72.05	13.64	75.83	13.003	86.997
M02	73.54	13.66	76.62	13.808	86.192
M03	82.02	13.66	84.75	12.897	87.103
Promedio	75.87	13.65	79.07	13.236	86.764

Nota: Los valores de humedad representan el porcentaje de agua en relación con la masa inicial de las muestras de Stipa Ichu. La masa seca se calculó restando el peso del sobre manila del peso de la muestra original.

4.1.2.2. Resultado – ensayo de densidad

El ensayo se realizó en el Laboratorio de Suelos y Agua de la EPIA de la UNA-PUN, tiene como objetivo determinar la densidad del material Stipa Ichu. La densidad es una medida importante que puede proporcionar información sobre la estructura y composición física del material.

Tabla 20*Resultado de densidad de Stipa ichu*

Muestra	Peso de la muestra (g)	Volumen inicial (cm3)	Volumen final (cm3)	Volumen desplazado (cm3)	Densidad
M01	2.999	80	88.0	8.0	0.375
M02	3.001	80	87.5	7.5	0.400
M03	3.000	80	87.6	7.6	0.395
Promedio	3.000	80	87.7	7.7	0.390

Nota: La densidad seca se calculó dividiendo el peso de la muestra entre el volumen desplazado. Los valores de densidad representan la relación entre la masa y el volumen de las muestras.

4.1.2.3. Resultado – ensayo de porosidad

Se realizó en el Laboratorio de Suelos y Agua de la EPIA de la UNA-PUNO. Este ensayo tiene como objetivo determinar la cantidad de cenizas presentes en el material Stipa Ichu.

Tabla 21*Resultado de % de porosidad de Stipa ichu*

“Muestra	Volumen (cm3)	Peso seco (g)	Densidad seca (g/cm3)	Densidad del agua (g/cm3)	Porosidad (%)”
M01	1.09	3.000	2.76	1.00	63.763
M02	1.07	3.001	2.80	1.00	64.289
M03	1.13	3.001	2.66	1.00	62.466
Promedio	1.10	3.001	2.74	1.00	63.506

Nota: Los valores de porosidad se expresan como porcentaje y representan la capacidad de absorción de agua de las muestras.

4.1.2.4. Resultado – ensayo de cenizas

El ensayo se realizó en el Laboratorio de Pastos y forrajes de la EPIA de la UNA-PUNO. Este ensayo tiene como objetivo determinar la densidad del material Stipa Ichu.

Tabla 22

Resultado de % de cenizas de Stipa ichu

“Muestra	Peso de crisol (g)	Peso de la muestra seca (g)	Peso incinerado (g)	Peso de cenizas (g)	Cenizas %”
M01	31.3193	2.0003	31.4521	1.87	4.11
M02	33.9194	2.0004	34.1785	1.74	4.19
M03	33.3807	2.0005	33.5449	1.84	4.13
Promedio	32.8731	2.0004	33.0585	1.82	4.14

Nota: Los valores de contenido de cenizas se expresan como porcentaje en peso con respecto a la muestra seca.

4.1.3. Resultado para el Objetivo Específico N° 01

“Determinar la influencia de la fibra vegetal Stipa ichu con 0 %, 0.30%, 0.60%, 0.90%, en la resistencia a compresión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023”.

4.1.3.1. Resultado - Ensayo de Resistencia a la Compresión

Para la realización del ensayo, se llevaron a cabo pruebas en seis unidades de cada tipo de bloque. De estas, se seleccionaron las cuatro muestras más representativas para cada porcentaje de Stipa ichu. A continuación, se detallan los resultados obtenidos.

Tabla 23*Resultado – Resistencia a la compresión al 0.0% de Stipa ichu*

“Resistencia a la Compresión” – Adobe con Stipa ichu al 0.0%			
Muestra	Carga Máxima (Kg-f)	Área (cm ²)	f'o (Kg/cm ²)
M - 01	1293	139.24	9.29
M - 02	1283	136.89	9.37
M - 04	1063	135.81	7.83
M - 05	1306	136.75	9.55
Promedio	1236.25	137.17	9.01

Nota: Los valores de carga representan la resistencia a la compresión de los adobes con Stipa Ichu. El área se utilizó para calcular la resistencia a la compresión (f'o) dividiendo la carga máxima entre el área de la muestra.

Tabla 24*Resultado – Resistencia a la compresión al 0.30% de Stipa ichu*

“Resistencia a la Compresión” – Adobe con Stipa ichu al 0.30%			
Muestra	Carga Máxima (Kg-f)	Área (cm ²)	f'o (Kg/cm ²)
M - 07	1339	138.56	9.66
M - 09	1376	137.36	10.02
M - 10	1357	138.12	9.82
M - 12	1394	138.41	10.07
Promedio	1366.5	138.11	9.89

Nota: Los valores de carga representan la resistencia a la compresión de los adobes con Stipa Ichu. El área se utilizó para calcular la resistencia a la compresión (f'o) dividiendo la carga máxima entre el área de la muestra.

Tabla 25*Resultado – Resistencia a la compresión al 0.60% de Stipa ichu*

“Resistencia a la Compresión” – Adobe con Stipa ichu al 0.60%			
Muestra	Carga Máxima (Kg-f)	Área (cm ²)	f _o (Kg/cm ²)
M - 14	1599	139.06	11.50
M - 16	1633	138.85	11.76
M - 17	1567	138.46	11.32
M - 18	1713	138.64	12.36
Promedio	1628	138.75	11.73

Nota: Los valores de carga representan la resistencia a la compresión de los adobes con Stipa Ichu. El área se utilizó para calcular la resistencia a la compresión (f_o) dividiendo la carga máxima entre el área de la muestra.

Tabla 26*Resultado – Resistencia a la compresión al 0.90% de Stipa ichu*

“Resistencia a la Compresión” – Adobe con Stipa ichu al 0.90%			
Muestra	Carga Máxima (Kg-f)	Área (cm ²)	f _o (Kg/cm ²)
M - 19	1473	138.22	10.66
M - 20	1536	138.26	11.11
M - 21	1485	138.41	10.73
M - 23	1401	140.78	9.95
Promedio	1515	138.92	10.61

Nota: Los valores de carga representan la resistencia a la compresión de los adobes con Stipa Ichu. El área se utilizó para calcular la resistencia a la compresión (f_o) dividiendo la carga máxima entre el área de la muestra.

Tabla 27

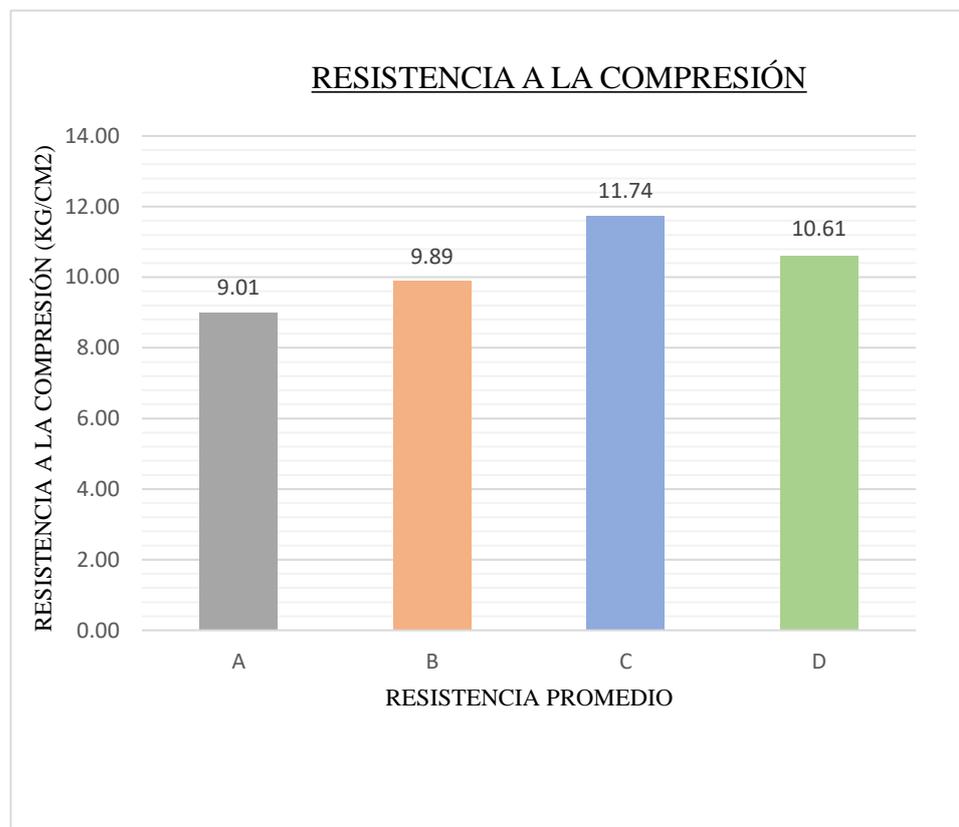
Resumen de la resistencia a la compresión

N°	A	B	C	D
1	9.29	9.66	11.5	10.66
2	9.37	10.02	11.76	11.11
3	7.83	9.82	11.32	10.73
4	9.55	10.07	12.36	9.95
Promedio	9.01	9.89	11.74	10.61

Nota: En la tabla se agruparon en grupos como A, B, C y D que representan el 0.0%, 0.30%, 0.60% y 0.90% respectivamente.

Figura 35

Resumen de la resistencia a la compresión



Interpretación:

Según el ensayo a compresión realizado, en las *Tablas 23, 24, 25 y 26*, con porcentajes de Stipa ichu adicionado al 0.0%, 0.30%, 0.60% y 0.90% respectivamente, se tiene que adicionando Stipa ichu al 0.60%, alcanza su mayor resistencia promedio con un valor de 11.73 kg/cm².

4.1.4. Resultado para objetivo específico N° 02

“Determinar la influencia de la fibra vegetal Stipa ichu con 0 %, 0.30%, 0.60%, 0.90%, en la resistencia a flexión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023”.

4.1.4.1. Ensayo de Resistencia a la Flexión

Seguidamente, se muestran los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la flexión para diferentes porcentajes de adición de Stipa ichu.

Tabla 28

Resultados – Resistencia a la flexión al 0.0% de Stipa ichu

Muestra	“Lectura del dial		Módulo de Rotura (Mpa)	Esfuerzo Flexionante σ _{f-máx} ” (kg-f/cm ²)
	P _{máx} (kg-f)	(N)		
M - 25	112.10	1099.33	0.242	2.47
M - 26	113.30	1111.10	0.245	2.50
M - 28	101.60	996.36	0.221	2.26
M - 30	109.40	1072.85	0.236	2.40
Prom.	109.10	1069.91	0.236	2.41

Nota: Los resultados del ensayo de resistencia a la flexión muestran las lecturas del dial P_{máx}, el módulo de rotura y el esfuerzo flexionante máximo para cada muestra.

Tabla 29*Resultados – Resistencia a la flexión al 0.30% de Stipa ichu*

Muestra	“Lectura del dial P _{máx} (kg-f)”		Módulo de Rotura (Mpa)	Esfuerzo Flexionante σ -máx” (kg-f/cm ²)
	(kg-f)	(N)		
M - 31	135.30	1326.85	0.288	2.94
M - 32	147.90	1450.41	0.318	3.24
M - 34	146.90	1440.60	0.316	3.22
M - 36	142.20	1394.51	0.297	3.03
Prom.	143.08	1403.09	0.305	3.11

Nota: Los resultados del ensayo de resistencia a la flexión muestran las lecturas del dial P_{máx}, el módulo de rotura y el esfuerzo flexionante máximo para cada muestra.

Tabla 30*Resultados – Resistencia a la flexión al 0.60% de Stipa ichu*

Muestra	“Lectura del dial P _{máx} (kg-f)”		Módulo de Rotura (Mpa)	Esfuerzo Flexionante σ -máx” (kg-f/cm ²)
	(kg-f)	(N)		
M - 38	201.90	1979.97	0.426	4.34
M - 39	196.40	1926.04	0.419	4.27
M - 40	185.70	1821.10	0.391	3.99
M - 42	198.90	1950.55	0.417	4.25
Prom.	198.23	1943.93	0.413	4.21

Nota: Los resultados del ensayo de resistencia a la flexión muestran las lecturas del dial P_{máx}, el módulo de rotura y el esfuerzo flexionante máximo para cada muestra.

Tabla 31*Resultados – Resistencia a la flexión al 0.90% de Stipa ichu*

Muestra	“Lectura del dial P _{máx} (kg-f)		Módulo de Rotura (Mpa)	Esfuerzo Flexionante σ - máx” (kg-f/cm ²)
	(kg-f)	(N)		
M - 44	226.90	2225.14	0.473	4.82
M - 46	231.30	2268.29	0.473	4.83
M - 47	245.50	2221.22	0.512	5.22
M - 48	220.60	2163.36	0.470	4.79
Prom.	226.33	2219.50	0.482	4.82

Nota: Los resultados del ensayo de resistencia a la flexión muestran las lecturas del dial P_{máx}, el módulo de rotura y el esfuerzo flexionante máximo para cada muestra.

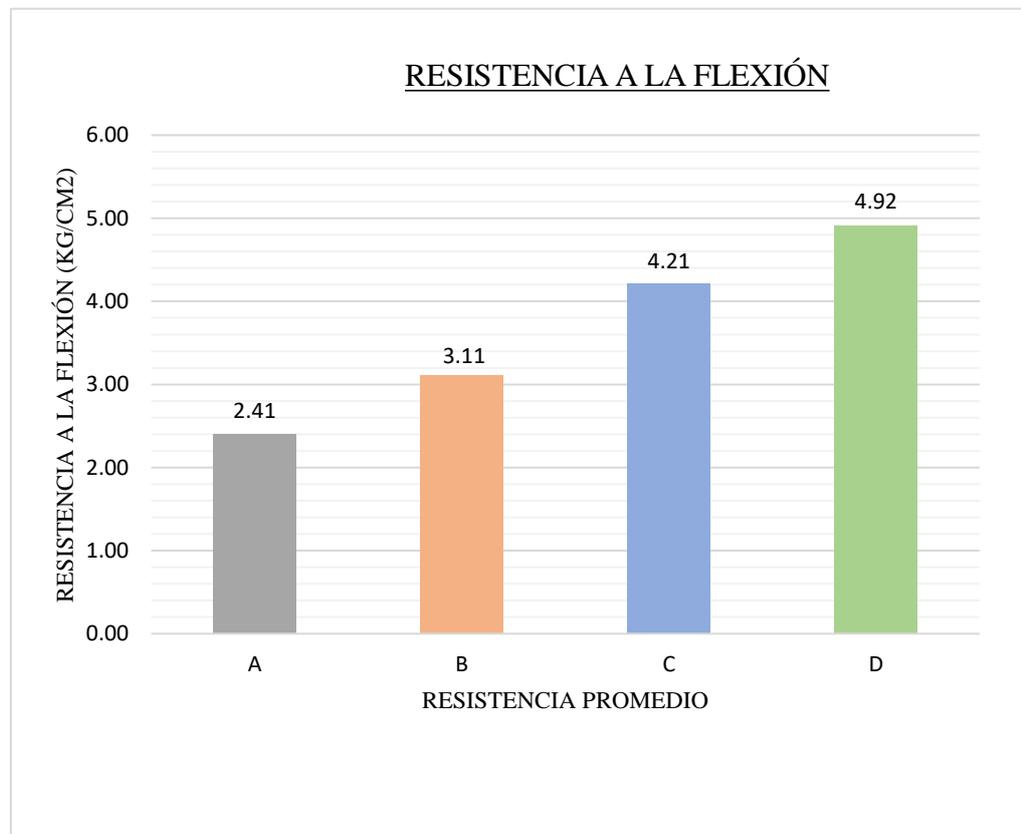
Tabla 32*Resumen de la resistencia a la flexión*

N°	A	B	C	D
1	2.47	2.94	4.34	4.82
2	2.50	3.24	4.27	4.83
3	2.26	3.22	3.99	5.22
4	2.40	3.03	4.25	4.79
Promedio	2.41	3.11	4.21	4.92

Nota: En la tabla se agruparon en grupos como A, B, C y D que representan el 0.0%, 0.30%, 0.60% y 0.90% respectivamente.

Figura 36

Resultado de la resistencia a la flexión



Interpretación:

Según el ensayo a flexión realizado, en las *Tablas 28, 29, 30 y 31*, con porcentajes de *Stipa ichu* adicionado al 0.0%, 0.30%, 0.60% y 0.90% respectivamente, se tiene que adicionando *Stipa ichu* al 0.30%, 0.60% y 0.90%, la resistencia a la flexión va en aumento, con valores promedio de 3.11, 4.21 y 4.82 kg/cm² respectivamente.

4.1.5. Resultado para el Objetivo Específico N° 03

Determinar la diferencia entre la adición óptima y empírica del Stipa ichu en la elaboración de adobes en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023

4.1.5.1. Dosificación Empírica de Stipa Ichu en la Elaboración de Adobe

Con el propósito de determinar la dosificación empírica de Stipa ichu en el Distrito de Taraco, se llevó a cabo una encuesta a 40 pobladores con experiencia en la elaboración de adobes. La encuesta abarcó diversas zonas geográficas del distrito para capturar las variaciones en las prácticas locales. A continuación, se presentan los datos recolectados para una muestra de 5 kg de Stipa ichu durante este proceso.

Tabla 33

Resultados - Adición Empírica según Encuesta

Adición Empírica para 5 Kg de Stipa ichu	
Rango seleccionado	Número de encuestados
60 - 65	4
66 - 70	12
71 - 75	15
76 - 80	9
Total	40

Nota: Estos resultados proporcionan una visión clara de las prácticas locales en cuanto a la adición empírica de Stipa ichu en la elaboración de adobes.



Interpretación:

La interpretación de los resultados de la encuesta sobre la adición empírica de Stipa ichu se basa en la distribución de las preferencias de los encuestados en los diferentes rangos seleccionados.

- 4 encuestados eligieron el rango de 60-65: Esto indica que un pequeño porcentaje de los participantes prefieren una adición de Stipa ichu en el rango más bajo, posiblemente indicando una preferencia por una proporción menor de fibra vegetal en la mezcla.
- 12 encuestados eligieron el rango de 66-70: Este es el rango más elegido, lo que sugiere que la mayoría de los participantes prefiere una adición de Stipa ichu en este rango. Podría interpretarse como una adición moderada.
- 15 encuestados eligieron el rango de 71-75: Un número significativo de participantes eligió este rango, lo que podría indicar una preferencia por una adición un poco más alta de Stipa ichu.
- 9 encuestados eligieron el rango de 76-80: Este rango tiene la menor cantidad de elecciones, pero muestra que algunos participantes prefieren una adición bastante alta de Stipa ichu en la mezcla.

4.1.6. Resultado para el Objetivo Específico N° 04

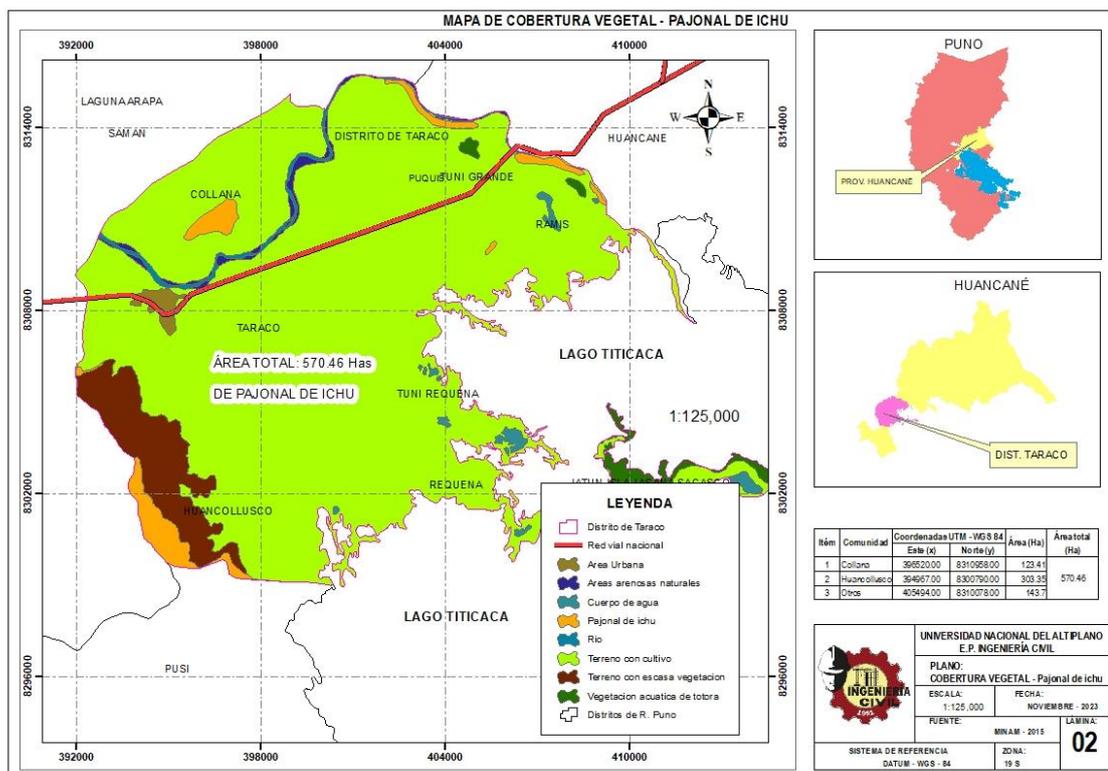
Determinar el potencial de producción de Stipa ichu en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.

4.1.6.1. Potencial de Producción de Stipa Ichu

Siguiendo los pasos del apartado 3.5.3. Se procedió a evaluar el potencial de producción de Stipa ichu en el Distrito de Taraco, tomando en consideración la base de datos según el MINAM en el año 2015 y los datos recolectados en el 2023, según el programa ArcGIS. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Figura 37

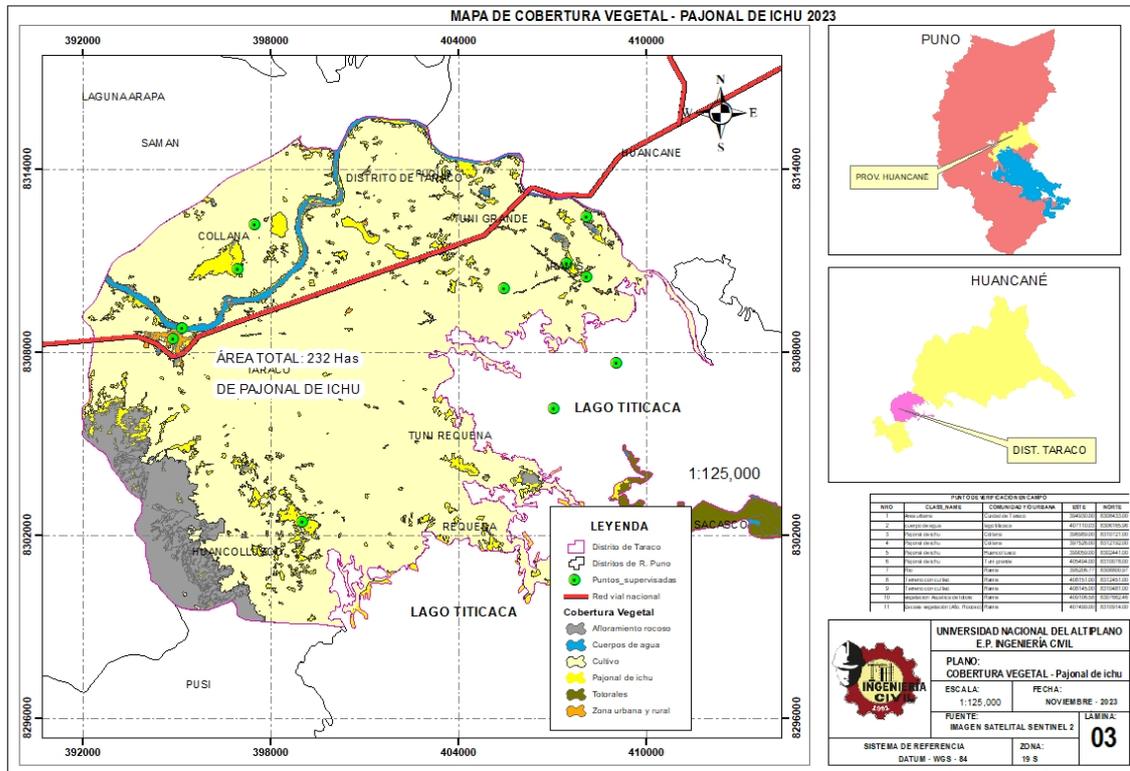
Mapa de cobertura vegetal – pajonal de ichu - 2015



Nota: En el mapa se aprecia la cantidad de pajonal de ichu en hectáreas con los datos del 2015, obtenidos del MINAM, que hacen un total de 570 Hectáreas, en el Distrito de Taraco.

Figura 38

Mapa de cobertura vegetal – pajonal de ichu - 2023



Nota: En el mapa se aprecia la cantidad de pajonal de ichu en hectáreas con los datos del 2023, obtenidos de imágenes satelitales SENTINEL 2, que hacen un total de 232 Hectáreas, en el Distrito de Taraco.

Interpretación:

Comparando las Figuras 37 y 38, se observa una reducción significativa en el área de pajonales de ichu en el Distrito de Taraco entre los años 2015 y 2023. En 2015, según datos del MINAM, la extensión de pajonales de ichu alcanzó las 570 hectáreas, mientras que, en 2023, utilizando imágenes satelitales SENTINEL 2, se registró una disminución notoria, llegando a un total de 232 hectáreas.



4.1.7. Resultado para el Objetivo General

“Determinar la influencia de la fibra vegetal *Stipa ichu* en las propiedades físico mecánicas del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023”.

Para lograr este objetivo, se examinaron tanto las propiedades físicas como las mecánicas del adobe, incluidos los ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión, entre otros aspectos detallados en los objetivos específicos. En esta sección, se ha centrado en las propiedades físicas, tales como la evaluación de variabilidad dimensional, alabeo y absorción.

4.1.7.1. Ensayo de Variabilidad dimensional

Concluidas las mediciones de las muestras, se llevaron a cabo los cálculos promedio de longitud, ancho y altura para cada tipo de bloque ensayado. Este procedimiento permitió obtener medidas promedio precisas, que a su vez fueron empleadas en el cálculo de las áreas correspondientes a cada tipo de bloque. A continuación, se presentan los resultados derivados de este ensayo, destacando las medidas promedio y su relevancia en la evaluación de la uniformidad dimensional.

Tabla 34

Resultado - Variabilidad Dimensional de adobe tradicional al 0.0%

Muestra	"Largo (cm)				Ancho (cm)				Altura(cm)						
	L1	L2	L3	L4	Prom.	B1	B2	B3	B4	Prom.	H1	H2	H3	H4	Prom"
M - 61	41.0	41.0	41.2	40.1	41.1	24.9	24.5	24.7	24.6	24.68	12.7	12.7	12.6	12.5	12.63
M - 62	41.1	41.0	41.0	39.9	41.0	24.8	24.9	24.7	24.8	24.80	12.8	12.7	12.7	12.6	12.70
M - 63	39.8	41.0	41.1	40.0	40.6	24.4	24.7	24.8	24.8	24.68	12.6	12.8	12.4	12.7	12.63
	Largo promedio				40.91	Ancho promedio				24.72	Altura promedio				12.65
	Largo mínimo				39.80	Ancho mínimo				24.40	Altura mínima				12.40
	Variación %				2.72	Variación %				1.28	Variación %				1.98

Nota: En la tabla se presentan las tres medidas para cada dimensión requerida sigue las pautas establecidas en la Norma Técnica Peruana (NTP) del año 2005, específicamente diseñada para abordar las Unidades de Albañilería. Esta normativa proporciona detalles sobre los métodos de muestreo y ensayo aplicables a los ladrillos de arcilla utilizados en construcciones de albañilería.

Tabla 35

Resultado – Variabilidad Dimensional de adobe tradicional al 0.30%

Muestra	"Largo (cm)				Ancho (cm)				Altura(cm)						
	L1	L2	L3	L4	Prom.	B1	B2	B3	B4	Prom.	H1	H2	H3	H4	Prom."
M - 64	40.6	41.0	40.9	40.9	40.8	25.0	24.8	24.9	24.8	24.88	12.7	12.8	12.7	12.6	12.70
M - 65	41.1	41.1	41.2	40.7	41.1	24.8	24.9	24.7	24.8	24.80	12.8	12.7	12.7	12.8	12.75
M - 66	40.9	41.0	41.2	41.1	41.0	24.7	24.9	25.0	25.1	24.93	12.7	12.8	12.8	12.7	12.75
	Largo promedio				41.00	Ancho promedio				24.87	Altura promedio				12.73
	Largo mínimo				40.60	Ancho mínimo				24.70	Altura mínima				12.60
	Variación %				0.98	Variación %				0.67	Variación %				1.05

Nota: En la tabla se presentan las tres medidas para cada dimensión requerida sigue las pautas establecidas en la Norma Técnica Peruana (NTP) del año 2005, específicamente diseñada para abordar las Unidades de Albañilería. Esta normativa proporciona detalles sobre los métodos de muestreo y ensayo aplicables a los ladrillos de arcilla utilizados en construcciones de albañilería.

Tabla 36

Resultado – Variabilidad Dimensional de adobe tradicional al 0.60%

Muestra	‘Largo(cm)				Ancho (cm)				Altura (cm)							
	L1	L2	L3	L4	Prom.	B1	B2	B3	B4	Prom.	H1	H2	H3	H4	Prom.”	
M - 67	41.2	41.0	41.3	41.2	41.2	25.0	24.9	24.9	24.8	24.90	12.8	12.8	12.7	12.8	12.78	
M - 68	41.2	41.1	41.2	41.1	41.2	24.8	24.9	25.0	24.9	24.90	12.8	12.7	12.7	12.7	12.73	
M - 69	41.0	41.0	41.2	41.1	41.1	24.8	24.9	25.0	25.0	24.93	12.7	12.8	12.8	12.7	12.75	
Largo promedio		41.13				Ancho promedio				24.91				Altura promedio		12.75
Largo mínimo		41.00				Ancho mínimo				24.80				Altura mínima		12.70
Variación %		0.32				Variación %				0.43				Variación %		0.39

Nota: En la tabla se presentan las tres medidas para cada dimensión requerida sigue las pautas establecidas en la Norma Técnica Peruana (NTP) del año 2005, específicamente diseñada para abordar las Unidades de Albañilería. Esta normativa proporciona detalles sobre los métodos de muestreo y ensayo aplicables a los ladrillos de arcilla utilizados en construcciones de albañilería.

Tabla 37

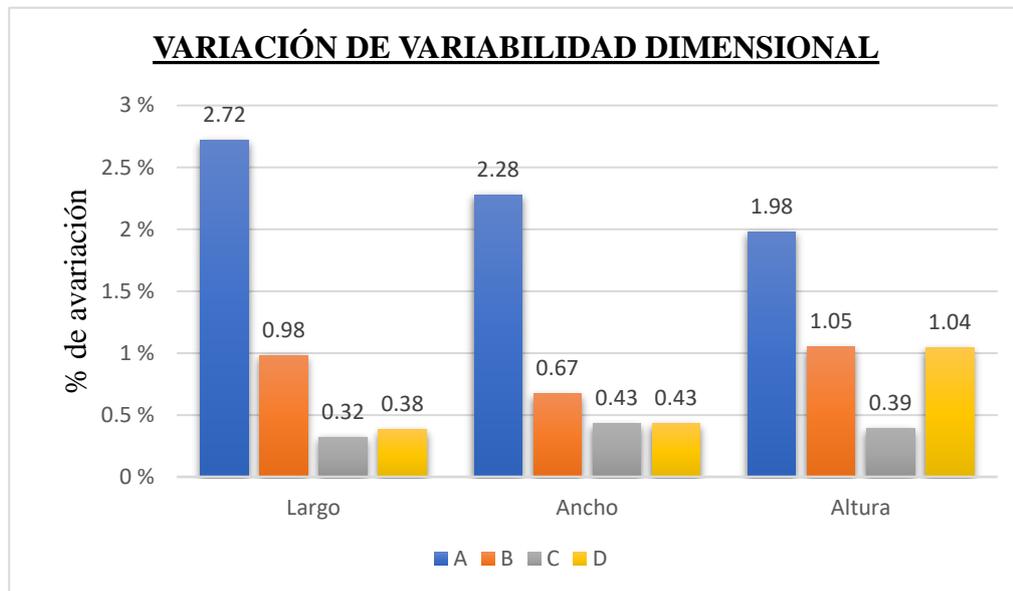
Resultado – Variabilidad Dimensional de adobe tradicional al 0.90%

Muestra	"Largo (cm)				Ancho (cm)				Altura (cm)						
	L1	L2	L3	L4	Prom.	B1	B2	B3	B4	Prom.	H1	H2	H3	H4	Prom."
M - 70	41.3	41.2	41.2	41.3	41.2	25.1	24.9	25	25	25.00	12.9	12.7	12.9	13	12.88
M - 71	41.1	41.0	41.2	41.1	41.1	24.9	25	25	25.1	25.00	12.8	12.7	12.8	12.9	12.80
M - 72	41.3	41.0	41.1	41.2	41.1	24.9	25.1	25	25.1	25.03	12.7	12.9	12.9	12.8	12.83
Largo promedio 41.16 Ancho promedio 25.01 Altura promedio 12.83															
Largo mínimo 41.00 Ancho mínimo 24.90 Altura mínima 12.70															
Variación % 0.38 Variación % 0.43 Variación % 1.04															

Nota: En la tabla se presentan las tres medidas para cada dimensión requerida sigue las pautas establecidas en la Norma Técnica Peruana (NTP) del año 2005, específicamente diseñada para abordar las Unidades de Albañilería. Esta normativa proporciona detalles sobre los métodos de muestreo y ensayo aplicables a los ladrillos de arcilla utilizados en construcciones de albañilería.

Figura 39

Resultado - Porcentaje de variación del ensayo de variabilidad dimensional



Interpretación:

Al analizar los resultados del ensayo de variabilidad dimensional, detallados en las *Tablas 34, 35, 36 y 37* para los porcentajes de adición de Stipa ichu al 0.0%, 0.30%, 0.60% y 0.90%, se evidencia que las diferencias en la variabilidad son mínimas en general. No obstante, es notable que al agregar Stipa ichu en un 0.60%, se observa una variación mínima en las dimensiones, siendo de 0.32% para el largo, 0.43% para el ancho y 0.39% para la altura. Este resultado sugiere que dicho porcentaje de adición tiene un impacto relativamente bajo en la variabilidad dimensional del adobe.

4.1.7.2. Ensayo de Alabeo

Una vez finalizado el ensayo de alabeo, se realizaron los cálculos correspondientes para determinar el promedio de convexidad y concavidad de las unidades de adobe evaluadas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en dicho ensayo:

Tabla 38*Resultado – Alabeo de adobe tradicional 0.0%*

Alabeo - Bloques de Adobe Tradicional 0.0%				
Muestra	Cara 1		Cara 2	
	“Cóncavo (mm)”	Convexo (mm)”	Cóncavo (mm)”	Convexo (mm)”
M - 73	5.50	-	3.00	-
M - 74	4.00	-	4.00	-
M - 75	5.00	-	2.00	-
Promedio (mm)	4.83		3.00	
Concavidad Prom. (mm)		3.92		
Alabeo Promedio (mm)		3.92		

Nota: Los resultados del ensayo de alabeo para bloques de adobe tradicional indican la medida de cóncavo y convexo en milímetros para las caras 1 y 2 de cada muestra.

Tabla 39*Resultado – Alabeo de adobe tradicional 0.30%*

Alabeo - Bloques de Adobe Tradicional 0.30%				
Muestra	Cara 1		Cara 2	
	“Cóncavo (mm)”	Convexo (mm)”	Cóncavo (mm)”	Convexo (mm)”
M - 76	5.00	-	2.00	-
M - 77	4.50	-	3.00	-
M - 78	4.00	-	3.00	-
Promedio (mm)	4.50		2.67	
Concavidad Prom. (mm)		3.59		
Alabeo Promedio. (mm)		3.59		

Nota: Los resultados del ensayo de alabeo para bloques de adobe tradicional indican la medida de cóncavo y convexo en milímetros para las caras 1 y 2 de cada muestra.

Tabla 40*Resultado – Alabeo de adobe tradicional 0.60%*

Alabeo - Bloques de Adobe Tradicional 0.60%				
Muestra	Cara 1		Cara 2	
	“Cóncavo (mm)”	Convexo (mm)”	Cóncavo (mm)”	Convexo (mm)”
M - 79	4.00	-	2.00	-
M - 80	3.00	-	2.00	-
M - 81	3.00	-	1.00	-
Promedio (mm)	3.00		1.67	
Concavidad Prom. (mm)		2.34		
Alabeo Promedio (mm)		2.34		

Nota: Los resultados del ensayo de alabeo para bloques de adobe tradicional indican la medida de cóncavo y convexo en milímetros para las caras 1 y 2 de cada muestra.

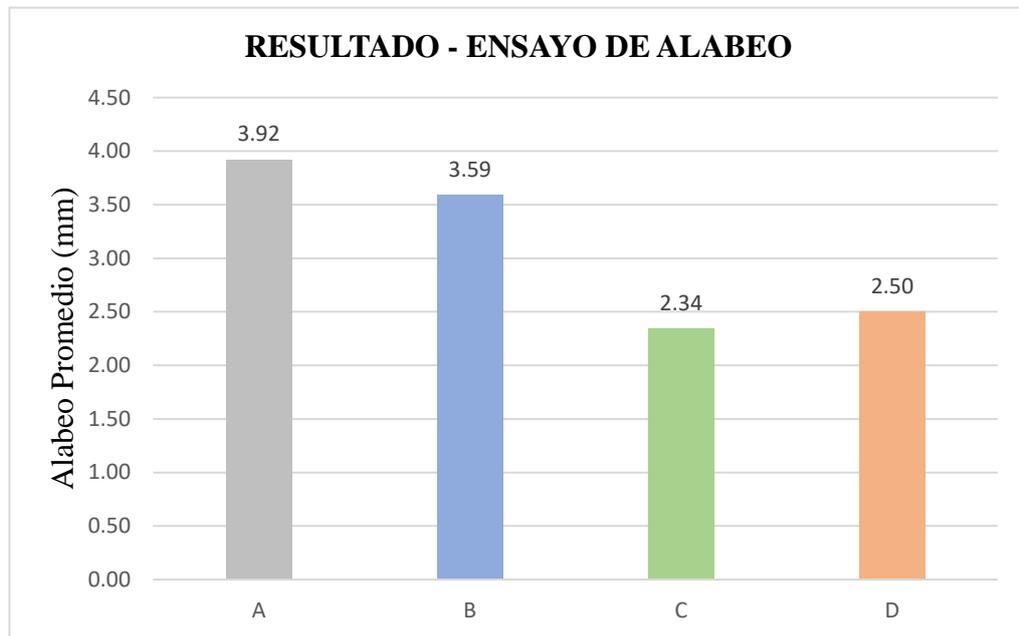
Tabla 41*Resultado – Alabeo de adobe tradicional 0.90%*

Alabeo - Bloques de Adobe Tradicional 0.90%				
Muestra	Cara 1		Cara 2	
	“Cóncavo (mm)”	Convexo (mm)”	Cóncavo (mm)”	Convexo (mm)”
M - 82	3.00	-	2.00	-
M - 83	4.00	-	1.00	-
M - 84	4.00	-	1.00	-
Promedio (mm)	3.67		1.33	
Concavidad Prom. (mm)		2.50		
Alabeo Promedio (mm)		2.50		

Nota: Los resultados del ensayo de alabeo para bloques de adobe tradicional indican la medida de cóncavo y convexo en milímetros para las caras 1 y 2 de cada muestra.

Figura 40

Resultado – Ensayo de alabeo



Interpretación:

Al analizar los resultados del ensayo de alabeo, que se detallan en las *Tablas 38, 39, 40 y 41* correspondientes a los porcentajes de adición de *Stipa ichu* al 0.0%, 0.30%, 0.60% y 0.90%. Es particularmente se puede observar que al incorporar *Stipa ichu* en un 0.60%, se evidencia un promedio menor de alabeo, con un valor de 2.34 mm. Este resultado destaca cómo la adición de *Stipa ichu* reduce la deformación del adobe, especialmente en lo que respecta al alabeo.

4.1.7.3. Ensayo de absorción

Se evaluó el porcentaje de absorción de cada unidad de adobe tradicional y se calculó el promedio del porcentaje de absorción de todas las unidades. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en este ensayo:

Tabla 42*Resultado – Absorción con Stipa ichu al 0.0%*

Ensayo de Absorción – Adobe con Stipa ichu al 0.0%			
Muestra	Peso Seco (Gr)	Peso Saturado (Gr)	Absorción (%)
M - 49	24.11	-	-
M - 50	23.84	-	-
M - 51	24.26	-	-
PROM.	24.07	-	-

Nota: No se registró el peso saturado, ya que las muestras se desintegraron totalmente.

Tabla 43*Resultado – Absorción con Stipa ichu al 0.30%*

Ensayo de Absorción – Adobe con Stipa ichu al 0.30%			
Muestra	Peso Seco (Gr)	Peso Saturado (Gr)	Absorción (%)
M - 52	24.04	26.48	10.15
M - 53	23.80	26.24	10.25
M - 54	23.62	25.97	9.95
PROM.	23.82	26.23	10.12

Nota: Los resultados del ensayo de absorción para bloques de adobe con Stipa ichu al 0.30% muestran el peso seco, peso saturado y el porcentaje de absorción para cada muestra. Se presenta el promedio de los valores obtenidos en el ensayo.

Tabla 44*Resultado – Absorción con Stipa ichu al 0.60%*

Ensayo de Absorción – Adobe con Stipa ichu al 0.60%			
Muestra	Peso Seco (Gr)	Peso Saturado (Gr)	Absorción (%)
M - 55	23.26	26.12	12.30
M - 56	23.80	26.81	12.65
M - 57	23.02	25.88	12.42
PROM.	23.36	26.27	12.46

Nota: Los resultados del ensayo de absorción para bloques de adobe con Stipa ichu al 0.60% muestran el peso seco, peso saturado y el porcentaje de absorción para cada muestra. Se presenta el promedio de los valores obtenidos en el ensayo.

Tabla 45*Resultado – Absorción con Stipa ichu al 0.90%*

Ensayo de Absorción – Adobe con Stipa ichu al 0.90%			
Muestra	Peso Seco (Gr)	Peso Saturado (Gr)	Absorción (%)
M - 58	23.31	24.98	7.16
M - 59	22.14	24.05	8.63
M - 60	23.52	25.22	7.23
PROM.	22.99	24.75	7.67

Nota: Los resultados del ensayo de absorción para bloques de adobe con Stipa ichu al 0.90% muestran el peso seco, peso saturado y el porcentaje de absorción para cada muestra. Se presenta el promedio de los valores obtenidos en el ensayo.

Tabla 46

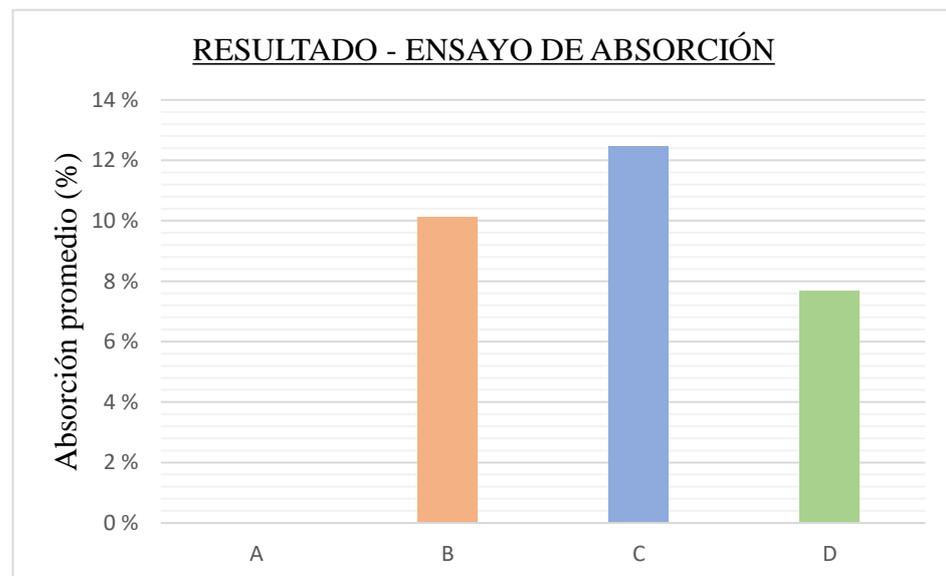
Resultado – Ensayo de absorción

N°	A	B	C	D
1	-	10.15	12.30	7.16
2	-	10.25	12.65	8.63
3	-	9.95	12.42	7.23
Promedio	-	10.12	12.46	7.67

Nota: En la tabla se agruparon en grupos como A, B, C y D que representan el 0.0%, 0.30%, 0.60% y 0.90% respectivamente.

Figura 41

Resultado – Ensayo de absorción



Interpretación:

Al analizar los resultados del ensayo de absorción, que se detallan en las Tablas 42, 43, 44 y 45 correspondientes a los porcentajes de adición de Stipa ichu al 0.0%, 0.30%, 0.60% y 0.90%. Se pudo observar que al adicionar el 0.60% de Stipa ichu, se registró mayor absorción del adobe, alcanzando un valor de 12.46%, y manteniendo su forma.



4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

La prueba de hipótesis tiene como objetivo “evaluar el impacto de la adición de Stipa ichu en las propiedades del adobe”. A través de la comparación de los datos recolectados en el laboratorio, se analizarán los resultados de cada grupo para validar o refutar las hipótesis planteadas en la investigación.

4.2.1. Resistencia a la compresión

En el análisis estadístico de la resistencia a la compresión, se han agrupado los resultados utilizando Minitab para realizar una evaluación de las muestras.

H.E. 01: “La incorporación de fibra vegetal Stipa ichu influye significativamente en la resistencia a compresión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023”.

1° Prueba de normalidad

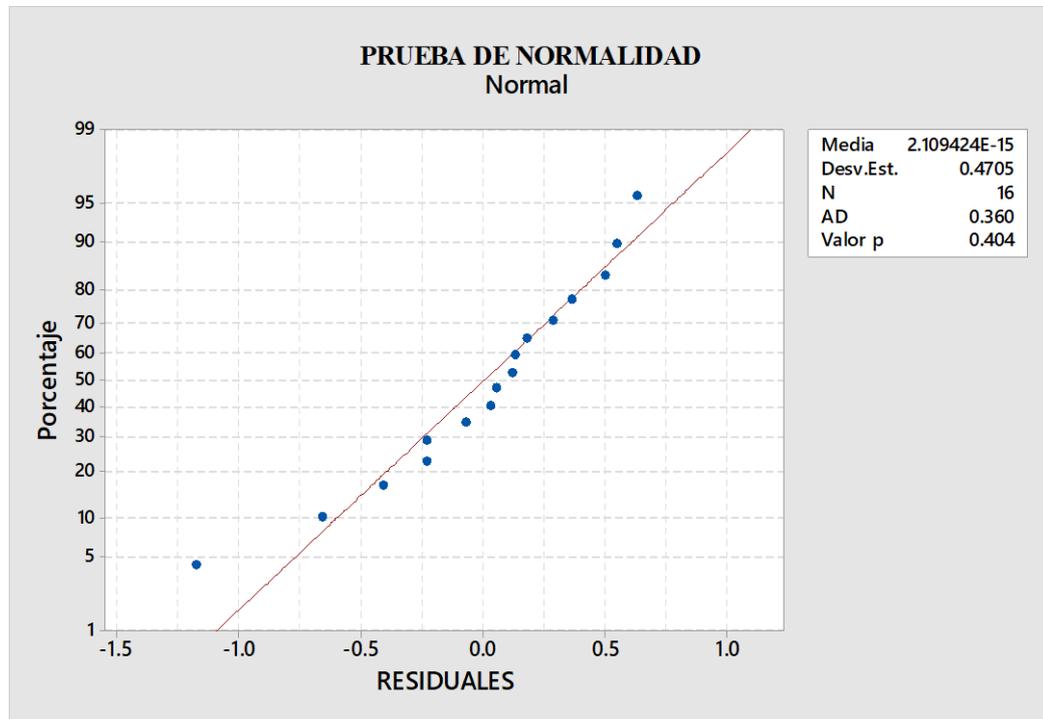
Hipótesis:

H0: Los resultados de resistencia a la compresión presentan una distribución normal.

H1: Los resultados de resistencia a la compresión no presentan una distribución normal.

Figura 42

Prueba de normalidad



Regla de decisión:

Si: $p < 0.005$ la hipótesis alterna se acepta

Si: $p > 0.005$ la hipótesis nula se acepta

Decisión: Como p valor es mayor que α ($0.404 > 0.050$), entonces se acepta la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se cumple el supuesto de normalidad.

2° Prueba de análisis de varianza ANOVA de un factor

Hipótesis:

H0: “No hay diferencias significativas en la influencia de los cuatro porcentajes de fibras de Stipa ichu en el aumento de resistencia a compresión del adobe.

Matemáticamente, esto se expresa como $u_1 = u_2 = u_3 = u_4$ ”.

H1: “Al menos una de las medias μ_i es diferente a las demás, lo que implica que un porcentaje de Stipa ichu influye diferentemente en el aumento de la resistencia a compresión del adobe que los otros tres. Matemáticamente, esto se expresa como que al menos una μ_i es diferente a las demás”.

Tabla 47

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	4	A; B; C; D

Nota: El factor tiene 4 niveles identificados como A, B, C y D.

Tabla 48

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	15.946	5.3152	19.21	0.00007
Error	12	3.32	0.2767		
Total	15	19.266			

Nota: Se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) donde se incluyen los grados de libertad para el factor y el error, así como los valores ajustados para la suma de cuadrados (SC), la media de cuadrados (MC), el valor F y el valor p.

Decisión: Como p valor es menor que α ($0.00007 < 0.050$), entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, al menos un porcentaje de Stipa ichu influye diferentemente en el aumento de la resistencia a compresión del adobe.

4.2.2. Resistencia a flexión

En el análisis estadístico de la resistencia a la compresión, se han agrupado los resultados utilizando Minitab para realizar una evaluación de las muestras.

H.E. 01: La incorporación de fibra vegetal *Stipa ichu* influye significativamente en la resistencia a flexión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.

1° Prueba de normalidad

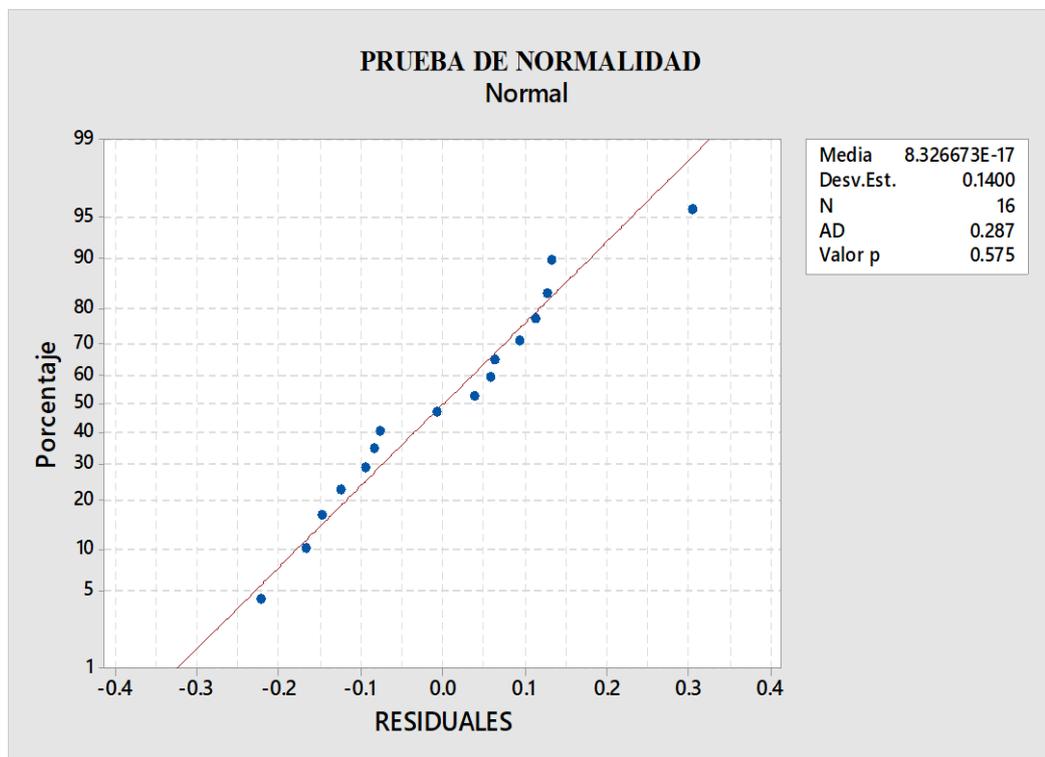
Hipótesis:

H0: “Los resultados de resistencia a la flexión presentan una distribución normal”.

H1: “Los resultados de resistencia a la flexión no presentan una distribución normal”.

Figura 43

Prueba de normalidad





Regla de decisión:

Si: $p < 0.005$ la hipótesis alterna se acepta

Si: $p > 0.005$ la hipótesis nula se acepta

Decisión: Como p valor es mayor que α ($0.575 > 0.050$), entonces se acepta la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se cumple el supuesto de normalidad

2° Prueba de análisis de varianza ANOVA de un factor

Hipótesis:

H0: “No hay diferencias significativas en la influencia de los cuatro porcentajes de fibras de Stipa ichu en el aumento de resistencia a flexión del adobe. Matemáticamente, esto se expresa como $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ ”.

H1: “Al menos una de las medias μ_i es diferente a las demás, lo que implica que un porcentaje de Stipa ichu influye diferentemente en el aumento de la resistencia a flexión del adobe que los otros tres. Matemáticamente, esto se expresa como que al menos una μ_i es diferente a las demás”.

Tabla 49

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	4	A; B; C; D

Nota: El factor tiene 4 niveles identificados como A, B, C y D.

Tabla 50

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	15.0172	5.00572	204.37	0.000001
Error	12	0.2939	0.02449		
Total	15	15.3111			

Nota: Se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) donde se incluyen los grados de libertad para el factor y el error, así como los valores ajustados para la suma de cuadrados (SC), la media de cuadrados (MC), el valor F y el valor p.

Decisión: Como p valor es menor que α ($0.000001 < 0.050$), entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, al menos un porcentaje de Stipa ichu influye deferentemente en el aumento de la resistencia a flexión del adobe. Por lo tanto, se acepta mi hipótesis específica N°02.

4.2.3. Diferencia entre la adición óptima y empírica del Stipa ichu

H.E. 01: La diferencia entre la adición óptima y empírica del Stipa ichu en la elaboración de adobes es significativa en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.

Hipótesis:

H0: No hay diferencia significativa entre la adición óptima y empírica

H1: Existe una diferencia significativa entre la adición óptima y empírica

Tabla 51

Adición empírica en porcentaje

Rango seleccionado	Porcentaje de Stipa ichu
60 - 65	0.35%
66 - 70	0.32%
71 - 75	0.30%
76 - 80	0.28%

Nota: En la Tabla se consideró la adición empírica en porcentajes.

Se aplicó la prueba t de Student para datos emparejados con el objetivo de “evaluar si existen diferencias significativas entre la adición óptima de Stipa ichu y la adición empírica reportada por los encuestados”. Esta prueba compara las diferencias individuales entre la adición óptima y empírica para cada participante de la encuesta, permitiendo determinar si hay una diferencia significativa entre la adición de Stipa ichu expresadas por los encuestados y el porcentaje óptimo identificado a través de los ensayos de laboratorio. La significancia de la diferencia se evaluó mediante un nivel de confianza del 95%

Se realizó la prueba de normalidad para cada rango seleccionado. Todos cumplen con la normalidad. Por consiguiente, se realizó la prueba.

Tabla 52

Estadística descriptiva

“Muestra	N	Media	Desv. Est.	Error estándar de la media
Adición Empírica	4	0.3125	0.0299	0.015
Adición Óptima	4	0.60250	0.00500	0.0025

Nota: Se presentan los resultados estadísticos de la adición empírica y la adición óptima, donde se incluyen el número de muestras (N), la media, la desviación estándar y el error estándar de la media”.

Tabla 53

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0.2900	(-0.3382; -0.2118)

Nota: La diferencia entre la adición empírica y la adición óptima es de -0.2900, con un intervalo de confianza del 95% para la diferencia que va desde -0.3382 hasta -0.2118.

Tabla 54

Prueba estadística

Valor T	GL	Valor p
-19.16	3	0.00031

Nota: Datos obtenidos de Minitab

Regla de decisión:

Si: $p < 0.005$ la hipótesis alterna se acepta

Si: $p > 0.005$ la hipótesis nula se acepta

Decisión: Como p valor es menor que α ($0.00031 < 0.050$), entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que hay evidencia estadística para afirmar que existe una diferencia significativa entre la adición óptima y empírica de Stipa ichu en la elaboración de adobes en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.

4.2.4. Propiedades físico mecánicas del adobe

H.G.: La incorporación de fibra vegetal Stipa ichu influye significativamente en las propiedades físico mecánicas del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023.

Considerando los resultados obtenidos de los ensayos como: resistencia a la compresión y flexión, así también viendo los resultados de las propiedades físicas a través de los ensayos: alabeo, variabilidad dimensional y absorción, se acepta la hipótesis general de que la incorporación de la fibra vegetal *Stipa ichu* influye de manera significativa en las propiedades físico-mecánicas del adobe. Estos resultados respaldan la idea de que la presencia de *Stipa ichu* tiene un impacto significativo en la resistencia y otras características del adobe, destacando la importancia de considerar este material en las prácticas constructivas de la región.

4.3. DISCUSIÓN

- En relación a las propiedades físico-mecánicas del adobe, los resultados obtenidos en los ensayos realizados respaldan la conclusión de que la adición más adecuada de *Stipa ichu* es del 0.60%. Estos hallazgos concuerdan con investigaciones previas, como la de Altamirano (2019), que sostiene que “la adición de paja ichu incide positivamente en la resistencia mecánica del adobe, logrando un aumento superior al 5%”. Adicionalmente, los hallazgos de Olivera (2021), quien concluyó que “la adición del 0.8% de paja en la dosificación de adobes en Cusco mejora las propiedades físico-mecánicas, la consistencia en los resultados entre estudios diferentes subraya la confiabilidad y aplicabilidad de la adición de fibras vegetales, específicamente *Stipa ichu*, como una estrategia efectiva para mejorar las propiedades del adobe”.
- Según al ensayo a compresión realizado el porcentaje de adición de fibra vegetal *Stipa ichu* que tuvo mejor comportamiento fue al 0.60%, alcanzando un valor promedio de 11.74 kg/cm², este resultado difiere con Altamirano (2019) ya que, según su investigación realizado en Cajamarca, obtuvo “el resultado de resistencia



a compresión con un valor de 14.57 kg/cm² con una adición de Stipa ichu al 0.80% en la elaboración del adobe”. Reforzando esta afirmación Gómez y Mendoza (2022), concluyen que “la incorporación de aditivos naturales, como Stipa ichu, contribuyen al aumento de la resistencia a compresión en las unidades de adobe”. Sin embargo, es pertinente señalar que Martínez (2019) es su estudio sobre la adición de diversas fibras naturales como: bagazo de caña, ichu, junco y pajilla de arroz, llegó a una conclusión contraria, argumentando que dichas fibras no incrementan, sino más bien disminuyen la resistencia a compresión del adobe.

-En referencia al ensayo de flexión, se identificó que el porcentaje óptimo de adición de fibra vegetal Stipa ichu para obtener el mejor rendimiento fue del 0.90%, alcanzando un valor promedio de 4.92 kg/cm². Comparativamente, Altamirano (2019) encontró que el mejor rendimiento en términos de esfuerzo a la flexión se logra con la adición de Stipa ichu al 1.20%, obteniendo un valor de 5.70 kg/cm². Estos resultados sugieren que la resistencia a la flexión del adobe está directamente relacionada con el incremento gradual del porcentaje de adición de Stipa ichu. Esta correlación se alinea con la observación de que las fibras vegetales, como Stipa ichu, refuerzan las propiedades mecánicas del adobe, proporcionando una mayor capacidad para resistir esfuerzos de flexión. Sin embargo, es importante destacar que la influencia específica de la adición de Stipa ichu en la resistencia a la flexión puede variar según las condiciones locales y la calidad del material utilizado, más sin embargo cabe la existencia de menos resistencia a la flexión adicionando Stipa ichu, según Martínez (2019) concluyó que las fibras naturales influyen de manera positiva en la resistencia a la flexión, excepto la fibra de ichu, que considera que la disminuye.



- En referencia a la diferencia entre la adición óptima y empírica del Stipa ichu en la elaboración de adobes en el Distrito de Taraco, se evidenció que los pobladores realizan adiciones empíricas con un valor promedio del 0.31%, mientras con la investigación realizada se determinó que la adición óptima de Stipa ichu es del 0.60%. Esta diferencia de casi el 50% en la adición demuestra una brecha significativa entre las prácticas empíricas y las recomendaciones basadas en ensayos de laboratorio. Según Medina (2018), los adobes tradicionales suelen no cumplir con los estándares en ensayos de flexión y absorción. Este hallazgo respalda la idea de que una adición adecuada de Stipa ichu puede mejorar las propiedades físico mecánicas del adobe. Además, el adobe es un material de construcción que es poco utilizado en la actualidad según Rivera et al. (2021) el cual considera el adobe como un componente patrimonial amenazado por el uso creciente de materiales convencionales y Duarte et al. (2018) en su investigación fomenta la reflexión sobre el futuro vulnerable de este patrimonio que está en peligro de desaparición, lo mencionado anteriormente se podría revertir si se fomenta el uso del adobe de la forma adecuada.
- La evaluación del potencial de producción de Stipa ichu en el Distrito de Taraco refleja una disminución notable en la extensión de pajonales entre los años 2015 y 2023. Según los datos del MINAM, en 2015, la superficie de pajonales de ichu abarcaba 570 hectáreas. Sin embargo, al analizar las imágenes satelitales SENTINEL 2 del año 2023, se observa una reducción significativa, limitándose a un total de 232 hectáreas. Uno de los motivos de esta reducción podría ser el aumento de las áreas destinadas a la agricultura.



V. CONCLUSIONES

- Se determinó que la influencia de la fibra vegetal *Stipa ichu* en las propiedades físico-mecánicas del adobe es significativa, y además con los ensayos realizados en este estudio se determinó que la adición óptima de la fibra *Stipa ichu*, específicamente en un porcentaje del 0.60%, es la más adecuada en el proceso de elaboración del adobe.
- Se determinó que la variación en la adición de *Stipa ichu* en porcentajes de 0%, 0.30%, 0.60%, y 0.90% tuvo un impacto significativo en la resistencia a compresión del adobe. La prueba de ANOVA mostró diferencias estadísticamente significativas, destacando que el porcentaje óptimo para mejorar esta propiedad es del 0.60% llegando a 11.73 kg/cm², aumentado en un 30.2%.
- Se determinó que la variación en la adición de *Stipa ichu* en porcentajes de 0%, 0.30%, 0.60%, y 0.90% tuvo un impacto significativo en la resistencia a flexión del adobe. La prueba de ANOVA mostró diferencias estadísticamente significativas, destacando que el porcentaje que exhibe la mayor resistencia a la flexión es del 0.90% de *Stipa ichu*, alcanzando un valor de 4.92 kg/cm². Cabe destacar que con la adición gradual de *Stipa ichu* en la elaboración del adobe, la resistencia a la flexión va en aumento, aumentando en un 103.3%.
- Se determinó la diferencia entre la adición óptima realizada en los ensayos de laboratorio y la adición empírica, donde se muestra una diferencia de 0.29%, además con la aplicación de la prueba de ANOVA se demostró diferencias estadísticamente significativas.
- Se determinó que, en el año 2023, el potencial de producción de *Stipa ichu* en el Distrito de Taraco, Región Puno, experimentó una reducción significativa en el área de pajonales, disminuyendo de 570 hectáreas en 2015 a 232 hectáreas. Esta



disminución está vinculada al aumento de la actividad agrícola en la región. Estos hallazgos son cruciales para comprender la viabilidad del uso de *Stipa ichu* como recurso de construcción y son esenciales para futuros proyectos de construcción sostenible que buscan aprovechar los recursos locales.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda su incorporación en el proceso de elaboración de adobe a nivel local. Es importante difundir esta información entre los pobladores y constructores locales para promover el uso de esta técnica y mejorar la calidad de las construcciones de adobe en la zona. Además, se sugiere realizar estudios adicionales para explorar otras posibles mejoras en el proceso de elaboración del adobe.
- Se recomienda la adición de Stipa ichu al 0.60% para lograr una resistencia a compresión adecuada del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno.
- Dado que la resistencia a flexión se ve afectada por la adición gradual de Stipa ichu, se recomienda explorar mezclas con diferentes porcentajes para adaptarse a las necesidades específicas del proyecto, es esencial considerar la funcionalidad estructural requerida.
- Se sugiere incentivar a la comunidad local sobre la importancia de seguir las recomendaciones basadas en ensayos de laboratorio para lograr propiedades óptimas en la elaboración del adobe. Esto puede contribuir a construcciones más resistentes y duraderas.
- Considerando el potencial de producción local de Stipa ichu, se recomienda explorar prácticas de cultivo sostenible para garantizar la disponibilidad continua de este recurso. La colaboración con agricultores locales y organismos gubernamentales puede ser beneficiosa.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia de la Lengua Quechua. (2005). Simi Taqe, Qheswa-Español-Qheswa. Cuzco: *Gobierno Regional del Cuzco*. Recuperado el 06 de noviembre de 2023, de <https://indigenasdelperu.files.wordpress.com/2015/09/diccionario-qeswa-academia-mayor-cuzco.pdf>
- Altamirano Carrasco, O. V. (2019). *Incidencia de la fibra vegetal "paja ichu" en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca* [Tesis de Postgrado] Universidad Nacional de Cajamarca, Unidad de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. Perú. URI: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3273>
- Anchiraico Mayta, R. M. (2022). *Propiedades Mecánicas de Unidades de Adobe con Adición de Puzolana Natural en el Distrito de Masma Región Junín* [Tesis de pregrado] Universidad Peruana de los Andes, Facultad de Ingeniería. Perú. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/4212>
- Atahuachi Layme, G., y Carcausto Quispesayhua, Y. (2018). *Aislante termoacústico a base de Stipa Ichu para atenuar el ruido y cambios drásticos de temperatura en viviendas de sectores en expansión urbana de la ciudad de Puno*. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. Perú. URI: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11138>
- Arotaipe Gutierrez, O. A., Lecaros Manotupa, J. A. (2022). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del adobe con reemplazo de Ichu por fibra de cabuya, en el sector de Quispiquilla del distrito de San Sebastián–Cusco 2022*. [Tesis de pregrado] Universidad Andina del Cusco. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Perú. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/5002>
- Bio, A. (2016, 20 julio). *Construir una casa con adobe - arquitectura bio*. Arquitectura <https://arquitectura.bio/construir-una-casa-adobe/>
- Blondet, M., Villa Garcia, M., y Brzev, S. (2003). Construcciones de Adobe Resistentes a los Terremotos. *Enciclopedia Mundial de Vivienda del EERI/IAEE*. Recuperado el 04 de mayo de 2017, de <https://acortar.link/xEdyg2>



- Brito-del-Pino, J. F., Santamaría-Herrera, N. M., Macas-Peñaranda, C. A., & Tasán-Cruz, D. (2021). elaboración de adobe sostenible. *diseño arte y arquitectura*, (11), 59–79. <https://doi.org/10.33324/daya.vi11.459>
- Borja S. Manuel. (2016). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo.
- Calderón, J. (2013, 01 septiembre). *Tecnologías para la fabricación de bloques de tierra de gran resistencia*. Universidad Politécnica de Catalunya. Máster Oficial en Tecnología de la Arquitectura - Construcción e Innovación Tecnológica, <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/19817>
- Cid, j., Mazarrón, F. R., Cañas, L. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo, *Informes de la construcción*, 63(523), 159 – 169. <https://doi.org/10.3989/ic.10.011>
- Duarte Carlos, Gilberto, Alcindor, Mónica, & Correia, Mariana. (2018). Arquitectura tradicional de tierra en Europa: un patrimonio de entramado y encestado, adobe, tapia y pared de mano. *Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas Argentina*. Mario J. Buschiazzo, 48(2), 239-256. <https://goo.su/8daNT>
- Gallegos, H. y Casabonne, C. (2005). Albañilería Estructural. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial, Tercera Edición. Lima-Perú.
- Gamio Felipa, A. L. (2018). *Análisis de las Características Mecánicas y Físicas de la Unidad de Construcción Ancestral, Denominada Putuco, Situada en el Altiplano Peruano* [Tesis de Máster]. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior E.T.S. de Edificación (UPM) España: <https://acortar.link/4EMWGH>
- Gomez Rosales, J. P., Mendoza Mimbela, V. M. (2021). *Evaluación de unidades de adobe para mejorar sus propiedades con aditivos naturales de la zona, Somate Bajo - Sullana, Piura 2022* [Tesis de pregrado] Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Perú. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/111675>
- Gonzales Vargas, F. R. (2021). *Mejoramiento de las propiedades del adobe con la estabilización de cemento, en viviendas autoconstruidas por familias de bajos recursos económicos en el Centro Poblado Ramis, Taraco, Huancané - 2021*. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería



Civil y Arquitectura. Perú. URI:
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18741>

Hernández Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2019). *Metodología de la Investigación*. México. Mc Graw Hill.

Hurtado de Barrera, J. (2000). *Metodología de la Investigación Holística*. Caracas, Venezuela.

Martinez Medina, M. W. (2019). *Influencia del tipo y porcentaje de fibras naturales sobre la compresión y flexión en adobes para construcciones de La Libertad* [Tesis de pregrado] Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería. Perú. URI: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14597>

Medina Carranza, N. (2018). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del adobe utilizado en las construcciones de viviendas rústicas Agomarca Alto, distrito Bambamarca, Cajamarca-2018* [Tesis de pregrado] Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Perú. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/28933>

Ministerio del Ambiente (2011). *Manual de Observaciones Fenológicas*. SENAMHI <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>

Neves, C., y Borges, F. O. (2011). *Técnicas de Construcción con Tierra*. ISBN 978-85-64472-01-3. Bauru, Brasil: Faculdade de Engenharia de Bauru. (UNESP). Recuperado el 05 de noviembre de 2023, de <https://acortar.link/iu6qQq>

Nunura César, Lecaros César, Delgado Roberto (2018). Caracterización de cuerdas de ichu y de agave usados en estructuras colgantes. *Investigación aplicada e innovación*. (12). <https://www.tecsup.edu.pe/sites/default/files/page/file/revista/Volumen-12/Articulo-8.pdf>

Lulichac Sáenz, F. C., & Mosqueira Moreno, M. Á. (2015). *Determinación de las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca*. [Tesis de pregrado] Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. URI: <https://hdl.handle.net/11537/6652>

Olivera Silva, G. A. (2021). *Evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de los adobes con paja brava ichu en Cusco - 2021* [Tesis de pregrado] Universidad



- César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Perú. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/65023>
- Pérez Concha, M. A., Pérez Concha, R. J. (2020). *Evaluación de la Resistencia a la Compresión del Adobe Tradicional a los 20; 28 y 36 Días de Secado en la Ciudad de Jaén – Cajamarca* [Tesis de pregrado] Universidad Nacional de Jaén, Facultad de Ingeniería Civil. Perú. URI: <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/264>
- Piñas Moya, Mc J. M. (2018). *Estudio de las propiedades térmicas, mecánicas, morfológicas y estructurales del adobe como material biocompósito* [Tesis de pregrado] Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ciencias. Perú. URI: <http://hdl.handle.net/20.500.14076/13252>
- RNE. (2006). *Norma E-080-Adobe*. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú.
- RNE. (2017). *Norma Técnica Peruana E-080, diseño y construcción con tierra reforzada*. Anexo - Resolución Ministerial N° 121-2017-VIVIENDA. Lima, Perú
- Real Academia Española. (s.f.). *Definición de "adobe"* [En línea]. Disponible en: <https://www.rae.es/diccionario-espanol/adobe> (fecha de acceso: 4 de noviembre, 2023)
- Rivera Salcedo, H., Valderrama-Andrade, O.-M., Daza-Barrera, A. A. y Plazas-Jaimes, G.-S. (2021). Adobe como saber ancestral usado en construcciones autóctonas de Pore y Nunchía, Casanare (Colombia). *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 23(1), 74-85. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2021.2762>
- Rivera Ticllacondor, E. (2018). *Evaluación del potencial almacenamiento de carbono en la especie Stipa ichu (ichu) en la microcuenca Chaclatacana – Huancavelica* [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo, Perú. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.13084/2505>
- Rodriguez Calizaya, S. A. (2021). *Evaluación de las propiedades mecánicas de ladrillos ecológicos modulares de tierra comprimida elaborados con arcillas de la ciudad de Puno*. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional del Altiplano de Puno. URI: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/17304>



- Romero Cuentas, V. I., & Callasi Venero, C. D. (2017). *Estudio Comparativo de las propiedades físico mecánicas de las unidades de adobe tradicional frente a las unidades de adobe estabilizado con asfalto*. [Tesis de pregrado] Universidad Andina del Cusco, Perú. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/1052>
- Salazar Saucedo, J. L., Tejada Escobedo, Y. C. (2021). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de adobe estabilizado bajo los criterios de RNE Norma E080, Trujillo 2021* [Tesis de pregrado] Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería. Perú. URI: <https://hdl.handle.net/11537/28290>
- ThemeGrill. (2017, 29 agosto). *CONSTRUCCIÓN CON TIERRA - META2020 Arquitectos*. META2020 arquitectos. <https://acortar.link/jpINyT>
- Torres Benavides, A. H. y Humalla Quispe, J. A. (2018). *Elaboración de paneles termoaislantes a partir de fibras de Stipa ichu y fibras de celulosa para mejorar el confort térmico en viviendas de la región de Puno*. [Tesis de Pregrado] Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú. URI: <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20541>
- UTEC & MIT. (2015). ICHU: Aislante Térmico Natural para Combatir el Friaje. Desde Adentro: *REVISTA DE LA SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA, PETRÓLEO Y ENERGÍA*, 42-43.
- Vallejo Choez, P. C., & Mena Mora, F. (2019). Mantenimiento de edificaciones vernáculas, sistema constructivo en tierra-adobe (estudio de caso La Tola-Píntag). *Revista Herencia*, 32(1), 95-118. <https://acortar.link/qaSaLg>
- Vitulas Quille, Y. T. (2021). *Estudio de la Ch'ampa como tecnología tradicional y medio ambiental en la construcción de viviendas rurales tipo Putucos, región Puno*. [Tesis de Posgrado] Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. URI: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/17513>
- Zapana Quispe E. (2023). Materiales para la construcción de una vivienda sostenible en el Altiplano Peruano. *REVISTA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO TAYPI*, 1(3), 15-22. <https://n9.cl/rhndsf>



ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Consideraciones dimensionales para ensayo a flexión

Anexo 3: Ensayos realizados en laboratorio

Anexo 3.1: Resultados de ensayo de gravedad específica y granulometría por hidrómetro.

Anexo 4: Procedimiento para determinar la producción potencial de Stipa Ichu

Anexo 4.1: Adquisición de base de datos e imágenes satelitales

Anexo 4.2: Procesamiento de datos

Anexo 4.3: Identificación de área potenciales y zonificación del potencial de producción.

Anexo 4.4: Generación de mapas de potencial de producción

Anexo 4.5: Validación de resultados en campo

Anexo 4.6: Diagrama de flujo para determinar la cobertura vegetal Stipa ichu mediante imagen satelital SENTINEL 2

Anexo 5: Caracterización de Stipa ichu

Anexo 6: Uso actual de adobe en la Región de Puno y Distrito de taraco

Anexo 7: Encuesta a los pobladores con experiencia en la elaboración del adobe en el Distrito de Taraco.

Anexo 8: Cuestionario semi estructurada

Anexo 9: Validación del cuestionario

Anexo 10: Constancias de uso de equipos y laboratorio



Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODO Y TÉCNICA
<p>PREGUNTA GENERAL</p> <p>¿Cómo influye la incorporación de fibra vegetal Stipa ichu en las propiedades físico mecánicas del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023?</p> <p>PREGUNTAS ESPECÍFICAS</p> <p>a. ¿Cómo influye la fibra vegetal Stipa ichu en la resistencia a compresión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023?</p> <p>b. ¿Cómo influye la fibra vegetal Stipa ichu en la resistencia a flexión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023?</p> <p>c. ¿Cuál es la diferencia entre la adición óptima y empírica del Stipa ichu en la elaboración de adobes en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023?</p> <p>d. ¿Cuál es el potencial de producción de Stipa ichu en el Distrito de Taraco, Región Puno-2023</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la influencia de la fibra vegetal Stipa ichu en las propiedades físico mecánicas del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a. Determinar la influencia de la fibra vegetal Stipa ichu con 0 %, 0.30%, 0.60%, 0.90%, en la resistencia a compresión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023</p> <p>b. Determinar la influencia de la fibra vegetal Stipa ichu con 0 %, 0.30%, 0.60%, 0.90%, en la resistencia a flexión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023</p> <p>c. Determinar la diferencia entre la adición óptima y empírica del Stipa ichu en la elaboración de adobes en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023.</p> <p>d. Determinar el potencial de producción de Stipa ichu en el Distrito de Taraco, Región Puno-2023</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La incorporación de fibra vegetal Stipa ichu influye significativamente en las propiedades físico mecánicas del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a. La incorporación de fibra vegetal Stipa ichu influye significativamente en la resistencia a compresión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023</p> <p>b. La incorporación de fibra vegetal Stipa ichu influye significativamente en la resistencia a flexión del adobe en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023</p> <p>c. La diferencia entre la adición óptima y empírica del Stipa ichu en la elaboración de adobes es significativa en el Distrito de Taraco, Región Puno - 2023.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</p> <p>Adición de fibra vegetal ichu</p>	<p>Cantidad de fibra vegetal Stipa ichu con respecto al peso en kilogramos (kg) seco de la tierra:</p> <p>0.00% de Stipa ichu</p> <p>0.30% de Stipa ichu</p> <p>0.60% de Stipa ichu</p> <p>0.90% de Stipa ichu</p> <p>Adición empírica de Stipa ichu</p> <p>Cantidad añadida de Stipa ichu</p> <p>Disponibilidad y cantidad de Stipa ichu</p> <p>Cantidad de pajonal de ichu</p>	<p>Población de estudio:</p> <p>Especímenes de adobe elaborados con la tierra con diversos porcentajes de fibra vegetal Stipa ichu y pobladores expertos en la elaboración de adobe.</p> <p>Muestra:</p> <p>Método de cálculo es no probabilístico, donde el número de especímenes de adobe es 84 unidades y 40 pobladores (maestros en la elaboración de adobe)</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Experimental, estudio prospectivo, Analítica, Transversal y Cuantitativa,</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Explicativo</p> <p>Técnicas:</p> <p>Elaboración de fichas, análisis de información, observación directa y encuesta.</p> <p>Instrumentos:</p> <p>Fichas de observación, fichas de resultados de laboratorio y cuestionario.</p>
			<p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</p> <p>Propiedades físico mecánicas del adobe</p>	<p>Propiedades físicas</p> <p>Variabilidad dimensional</p> <p>Alabeo</p> <p>Absorción</p> <p>Propiedades mecánicas</p> <p>Resistencia a la compresión</p> <p>Resistencia a la flexión</p> <p>Elaboración empírica del adobe</p> <p>Dimensiones del adobe</p> <p>Años de experiencia</p> <p>Criterio empírico</p> <p>Calidad de suelo</p>	



Anexo 2: Consideraciones dimensionales para el ensayo a flexión

Tabla 01

Dimensiones para la muestra con Stipa ichu al 0.0%

Muestra	"Dimensiones						Promedio		Distancia entre apoyos (mm)"
	Base (mm)			Peralte (mm)			(mm)		
	b1	b2	b3	h1	h2	h3	b	h	
M - 25	123.0	122.0	123.0	121.0	123.0	121.0	122.7	121.7	400.00
M - 26	122.0	122.0	123.0	122.0	121.0	122.0	122.3	121.7	400.00
M - 28	121.0	120.0	124.0	122.0	122.0	121.0	121.7	121.7	400.00
M - 30	123.0	122.0	122.0	123.0	121.0	122.0	122.3	122.0	400.00

Nota: Estas dimensiones corresponden a la muestra con Stipa ichu al 0.00% y fueron registrados antes de someter las unidades al ensayo de resistencia a la flexión.

Tabla 02

Dimensiones para la muestra con Stipa ichu al 0.30%

Muestra	"Dimensiones						Promedio		Distancia entre apoyos (mm)"
	Base (mm)			Peralte			(mm)		
	b1	b2	b3	h1	h2	h3	b	h	
M - 31	122.0	123.0	124.0	122.0	122.0	123.0	123.0	122.3	400.00
M - 32	123.0	122.0	123.0	123.0	121.0	122.0	122.7	122.0	400.00
M - 34	123.0	122.0	123.0	122.0	122.0	122.0	122.7	122.0	400.00
M - 36	122.0	124.0	122.0	124.0	125.0	122.0	122.7	123.7	400.00

Nota: Estas dimensiones corresponden a la muestra con Stipa ichu al 0.30% y fueron registrados antes de someter las unidades al ensayo de resistencia a la flexión.

Tabla 03*Dimensiones para la muestra con Stipa ichu al 0.60%*

Muestra	"Dimensiones"						Promedio		Distancia entre apoyos (mm)"
	Base (mm)			Peralte			(mm)		
	b1	b2	b3	h1	h2	h3	b	h	
M - 38	123.0	123.0	123.0	124.0	123.0	122.0	123.0	123.0	400.00
M - 39	123.0	122.0	122.0	123.0	123.0	122.0	122.3	122.7	400.00
M - 40	122.0	123.0	124.0	122.0	124.0	123.0	123.0	123.0	400.00
M - 42	123.0	124.0	124.0	123.0	123.0	123.0	123.7	123.0	400.00

Nota: Estas dimensiones corresponden a la muestra con Stipa ichu al 0.60% y fueron registrados antes de someter las unidades al ensayo de resistencia a la flexión.

Tabla 04*Dimensiones para la muestra con Stipa ichu al 0.90%*

Muestra	"Dimensiones"						Promedio		Distancia entre apoyos (mm)"
	Base (mm)			Peralte			(mm)		
	b1	b2	b3	h1	h2	h3	b	h	
M - 44	123.0	125.0	123.0	123.0	123.0	124.0	123.7	123.3	400.00
M - 46	125.0	123.0	124.0	125.0	124.0	124.0	124.0	124.3	400.00
M - 47	122.0	123.0	124.0	124.0	124.0	123.0	123.0	123.7	400.00
M - 48	123.0	123.0	123.0	122.0	123.0	122.0	123.0	122.3	400.00

Nota: Estas dimensiones corresponden a la muestra con Stipa ichu al 0.90% y fueron registrados antes de someter las unidades al ensayo de resistencia a la flexión.

Anexo 3: Ensayos realizados en laboratorio

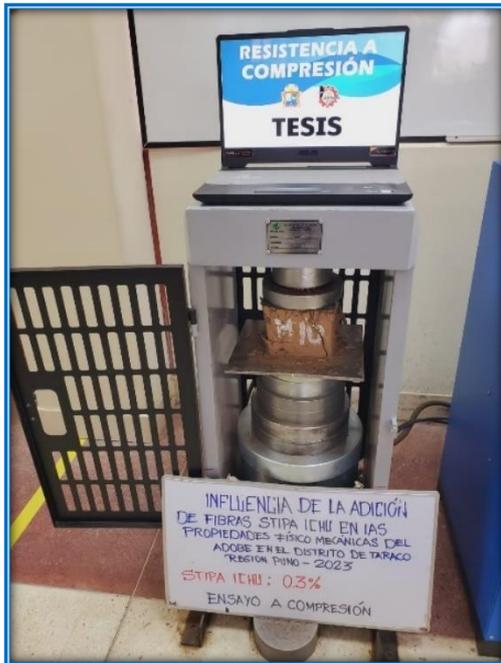
Ensayo a compresión



Nota: Preparación de la muestra, se realizó la medición de la muestra



Nota: Montaje de la muestra al equipo de compresión



Nota: Aplicación gradual de la carga, hasta alcanzar su punto de rotura

Ensayo a flexión



Nota: Trazabilidad del equipo a flexión



Nota: Montaje y aplicación de la carga y registro de datos.

Ensayo de absorción



Nota: Inmersión en agua de adobes tradicionales



Nota: se visualiza el cuarteo y tamizado de la muestra seca.

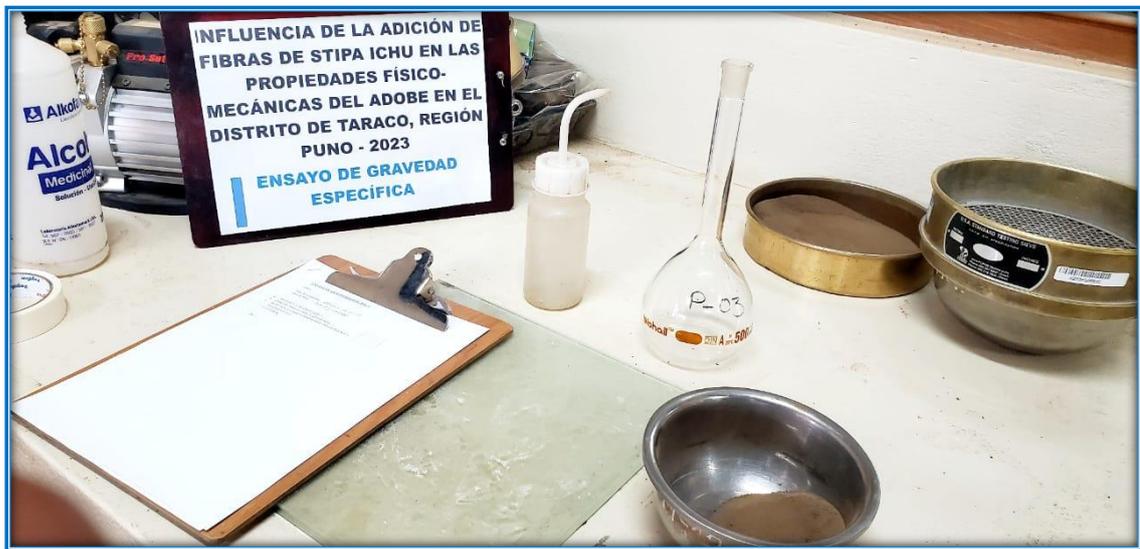


Nota: se visualiza los materiales utilizados y procedimiento del ensayo de Límite Líquido



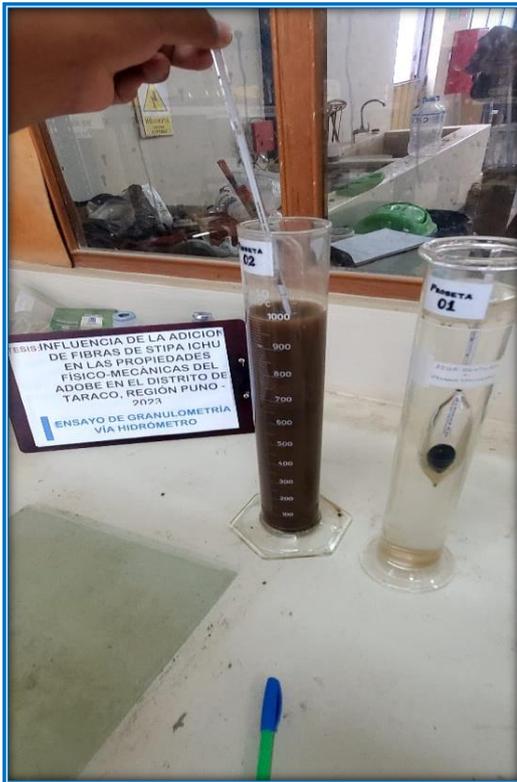
Nota: se visualiza procedimiento para el ensayo de Límite Plástico

Ensayo de Gravedad Específica



Nota: Las imágenes presentadas corresponden al ensayo de gravedad específica realizado en el “laboratorio de Mecánica de suelos de la EPIC”.

Ensayo de granulometría vía hidrómetro



Nota: Las imágenes presentadas corresponden al ensayo de granulometría por hidrómetro realizado en el “laboratorio de Mecánica de suelos de la EPIC”.

Anexo 3.1: Resultado del ensayo de gravedad específica y granulometría por hidrómetro

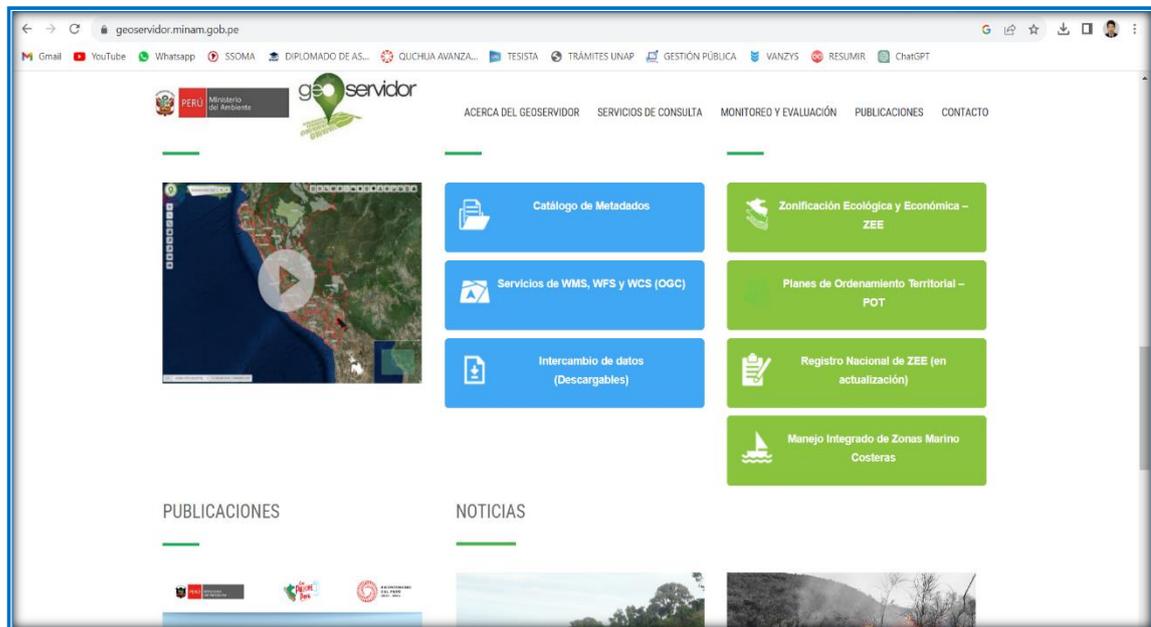
ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA						
Muestra	Peso de la muestra seca MS	Peso de la fiola + Agua destilada MA	Peso de fiola + Agua destilada + Muestra seca MN	Temperatura T°C	Factor k	Gs
P-02	80	693.49	743.69	15	1.009	2.682
P-03	80	693.03	742.73	15	1.009	2.642
					Gs Prom.	2.662

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA POR HIDRÓMETRO										
HIDRÓMETRO: 152H		AGENTE DISPERSANTE NaPO3		CORRECCIÓN POR DEFLOCULANTE:		5.8				
MASA DEL SUELO SECO: 50		GRAVEDAD ESPECÍFICA: 2.66		CORRECCIÓN POR MINISCO Cm: 1						
VOLUMEN DEL HIDRÓMETRO: 67.59 cm ³										
HORA	Tiempo (min)	Temperatura °C	Lectura del hidrómetro R	Rcp = R+Cm	Profundizada efectiva k	Corrección por temperatura	R corregida	Diametro de las partículas	% pasante	% que pasa respecto al total
09:45	1	15	55	56	7.3	0.01454	49.0	0.039	98.0	34.36
09:46	2	15	53	54	7.4	0.01454	47.0	0.028	94.0	32.96
09:48	4	15	51	52	7.8	0.01454	45.0	0.020	90.0	31.55
09:52	8	15	47	48	8.4	0.01454	41.0	0.015	82.0	28.75
10:00	15	16	43	44	9.1	0.01435	37.2	0.011	74.4	26.08
10:15	30	16	41	42	9.4	0.01435	35.2	0.008	70.4	24.68
10:45	60	16	37	38	10.1	0.01435	31.2	0.006	62.4	21.88
11:45	120	16	32	33	10.9	0.01435	26.2	0.004	52.4	18.37
01:55	250	16	28	29	11.5	0.01435	22.2	0.003	44.4	15.57
05:00	435	16	21	22	12.7	0.01435	15.2	0.002	30.4	10.66
09:45	1140	15	16	17	13.5	0.01454	10.0	0.0016	20.0	7.01

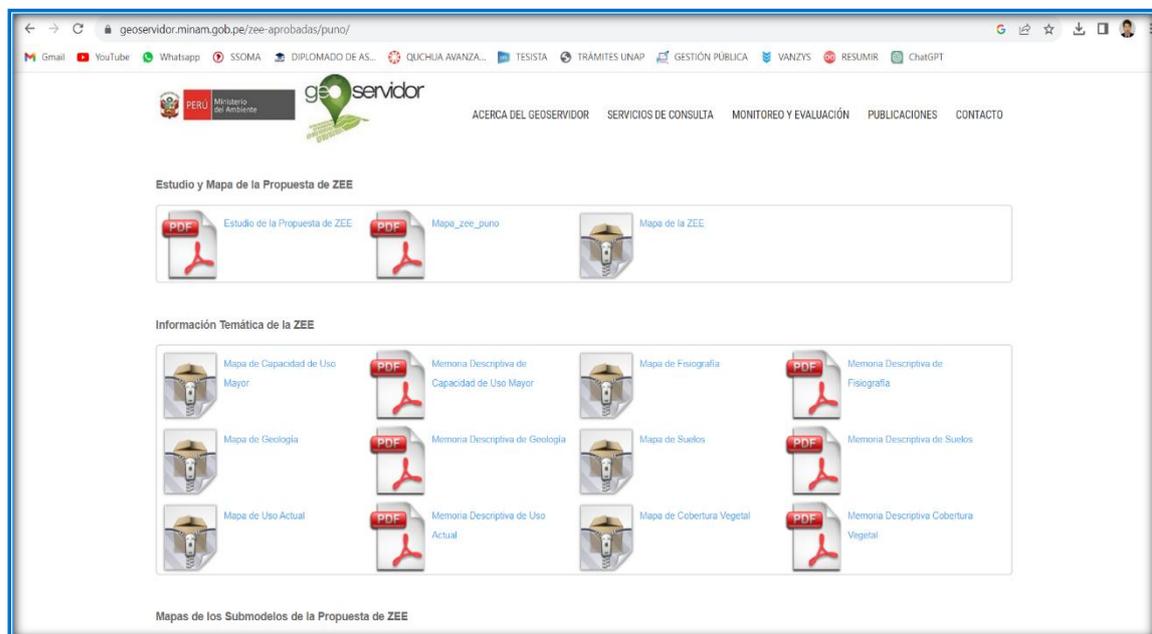
Nota: Los cuadros de resultados presentados corresponden a los ensayos de gravedad específica y granulometría por hidrómetro realizados en el laboratorio de la EPIC, siguiendo los lineamientos establecidos.

Anexo 4: Procedimiento para determinar la producción potencial de Stipa Ichu

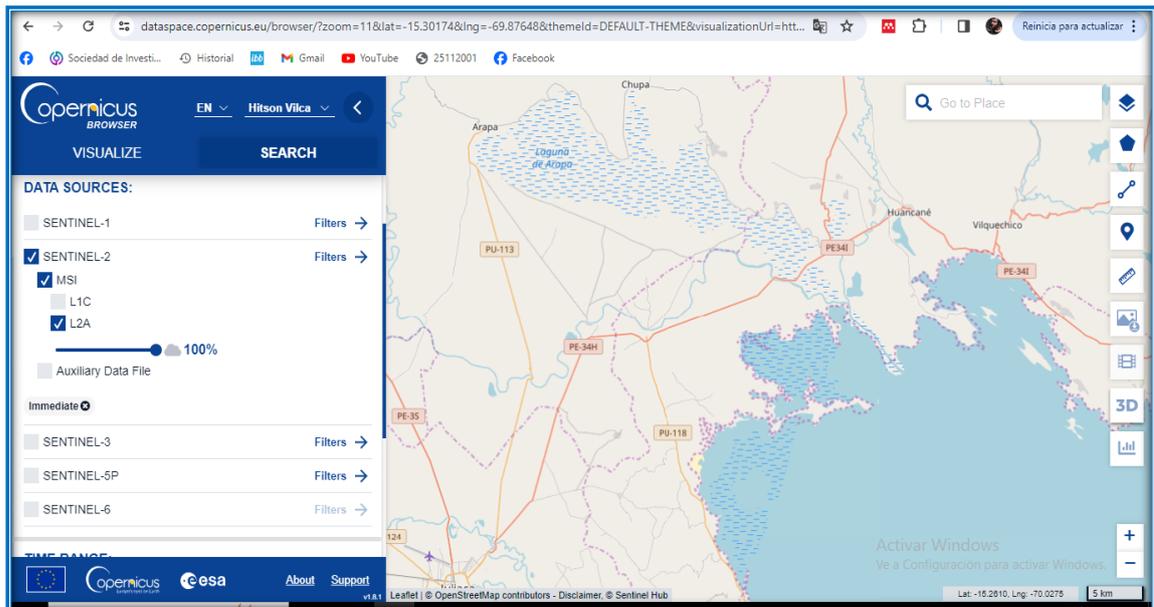
Anexo 4.1: Adquisición de base de datos e imágenes satelitales



Nota: Ingresa a la página de geoservidor del MINAM; <https://geoservidor.minam.gob.pe/>

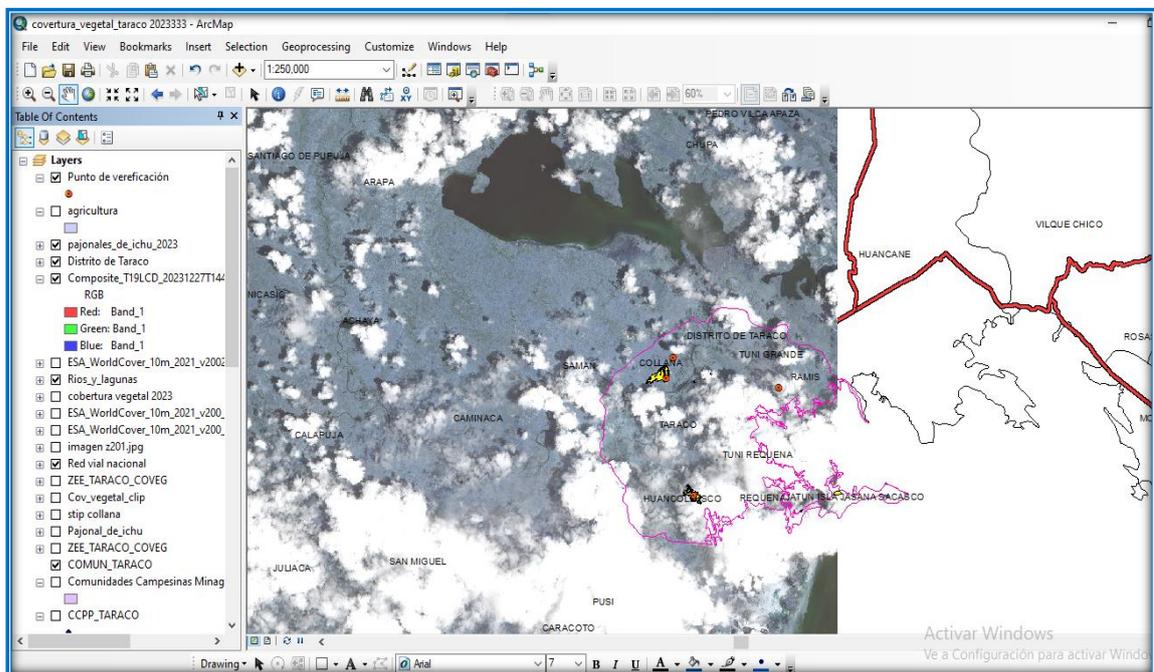


Nota: Descarga de base de datos de cobertura vegetal

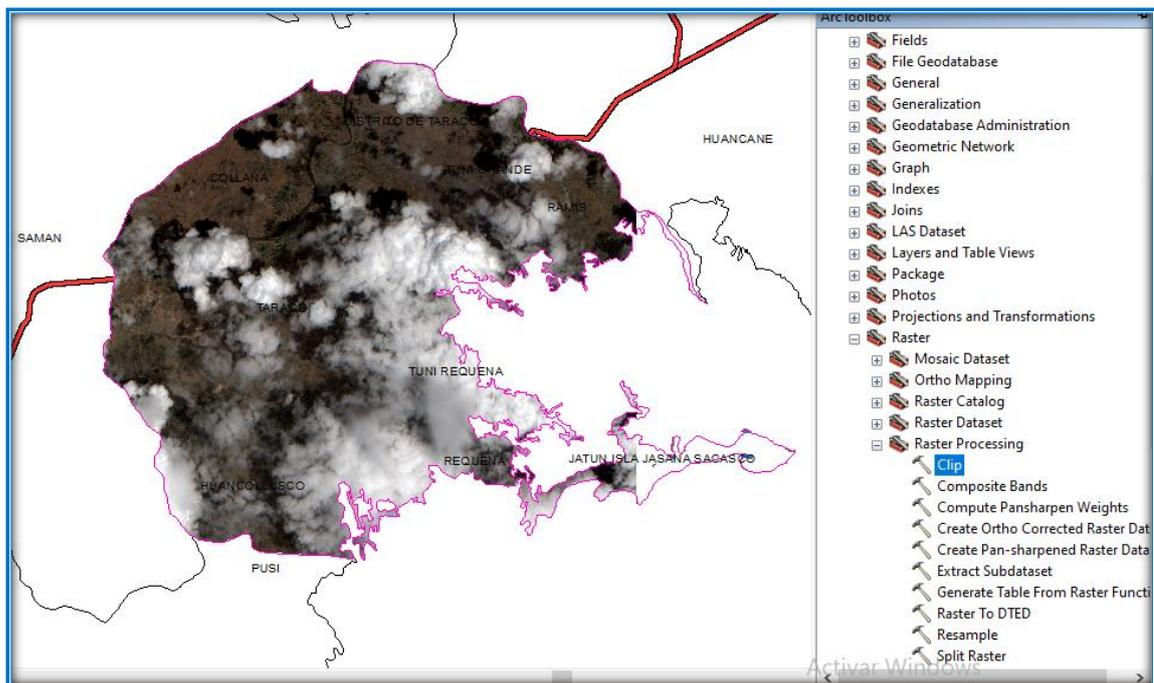


Nota: Descarga de imágenes satelital Sentinel-2 de base de datos de cobertura vegetal
<https://dataspace.copernicus.eu/browser/>

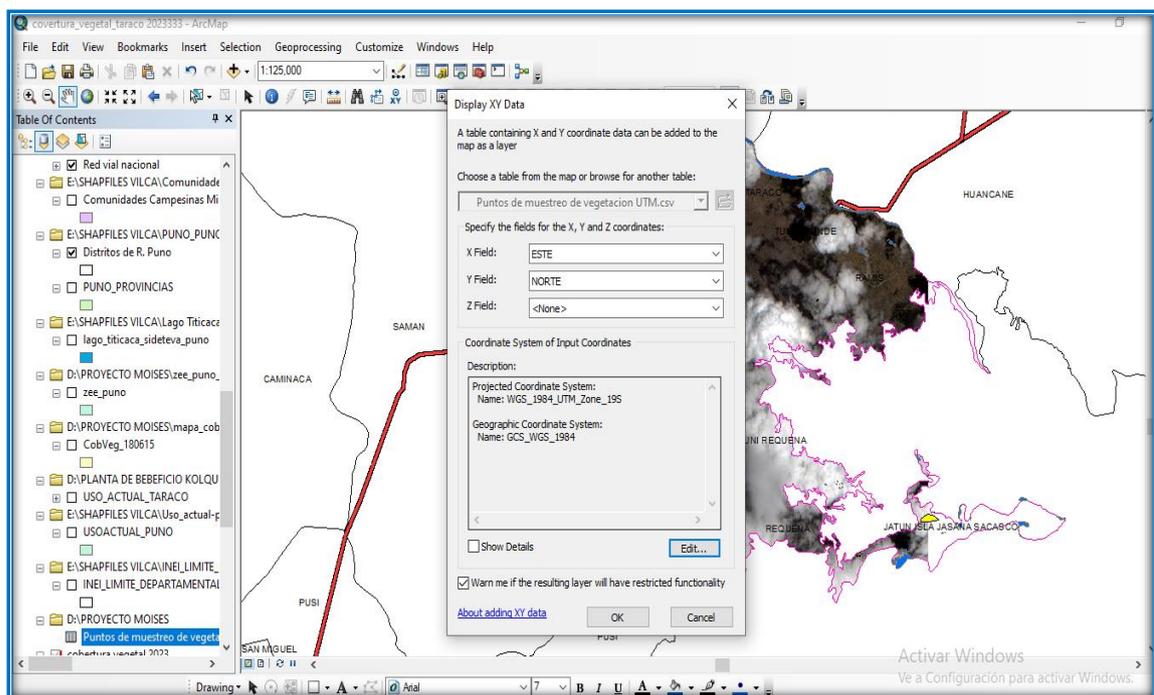
Anexo 4.2: Procesamiento de imágenes



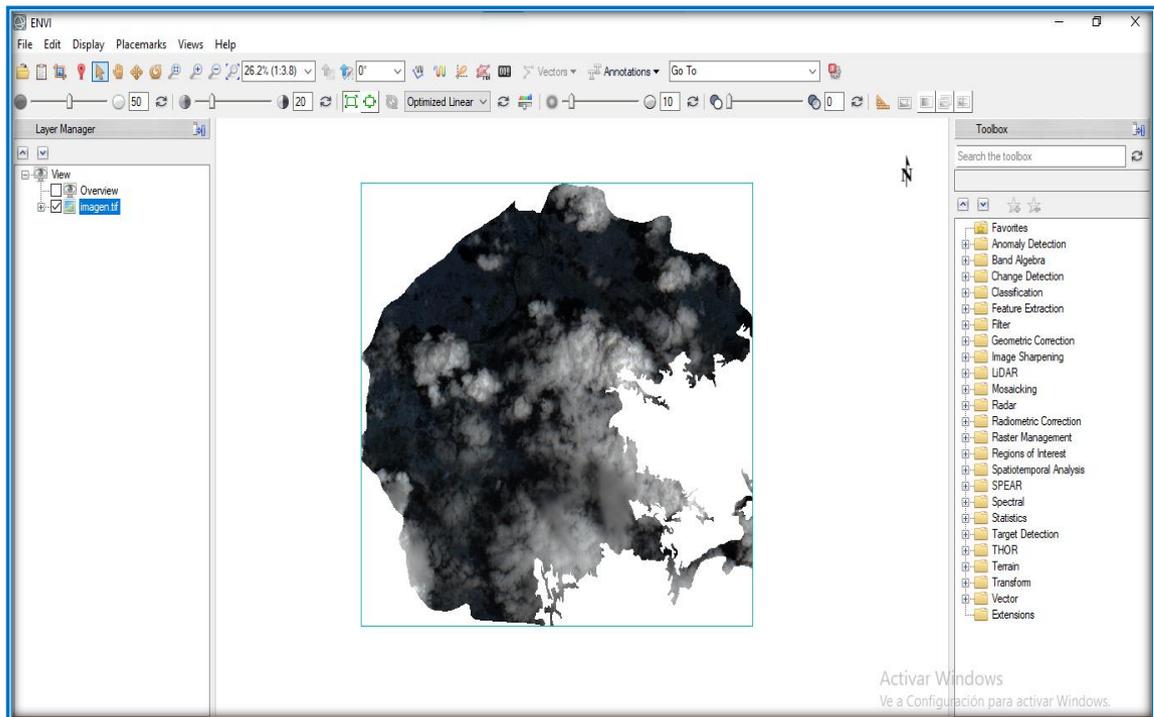
Nota: Exportación de la imagen al programa ArcGis.



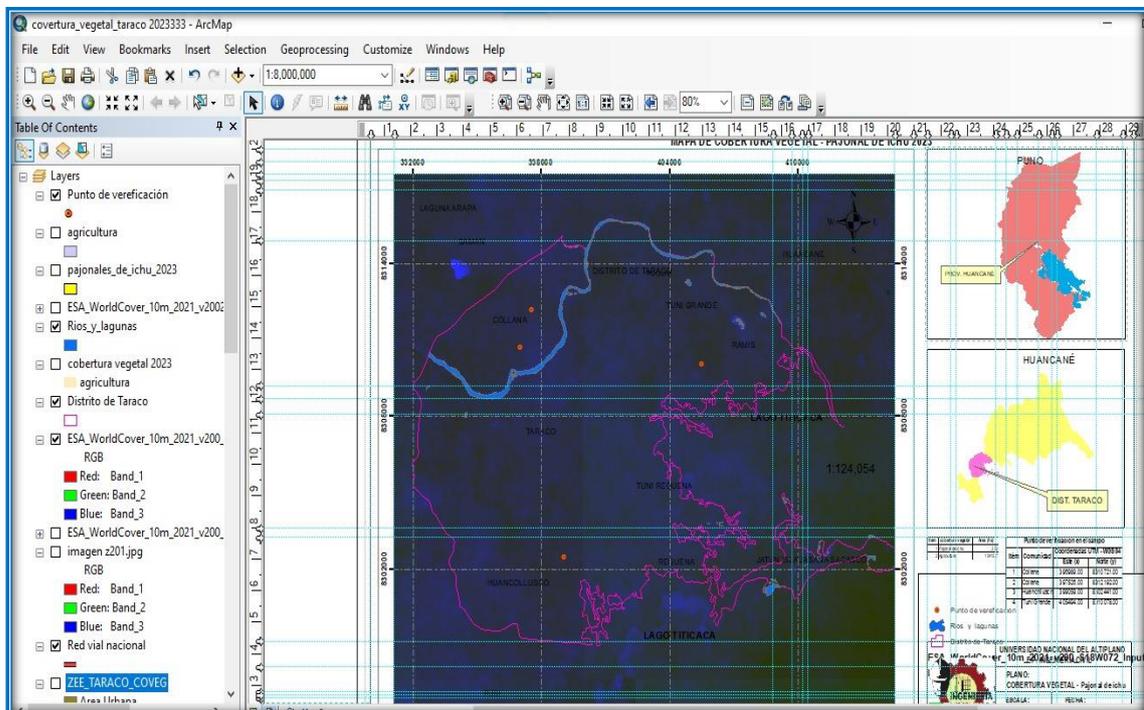
Nota: Imagen recortada para el estudio específico del Distrito de Taraco.



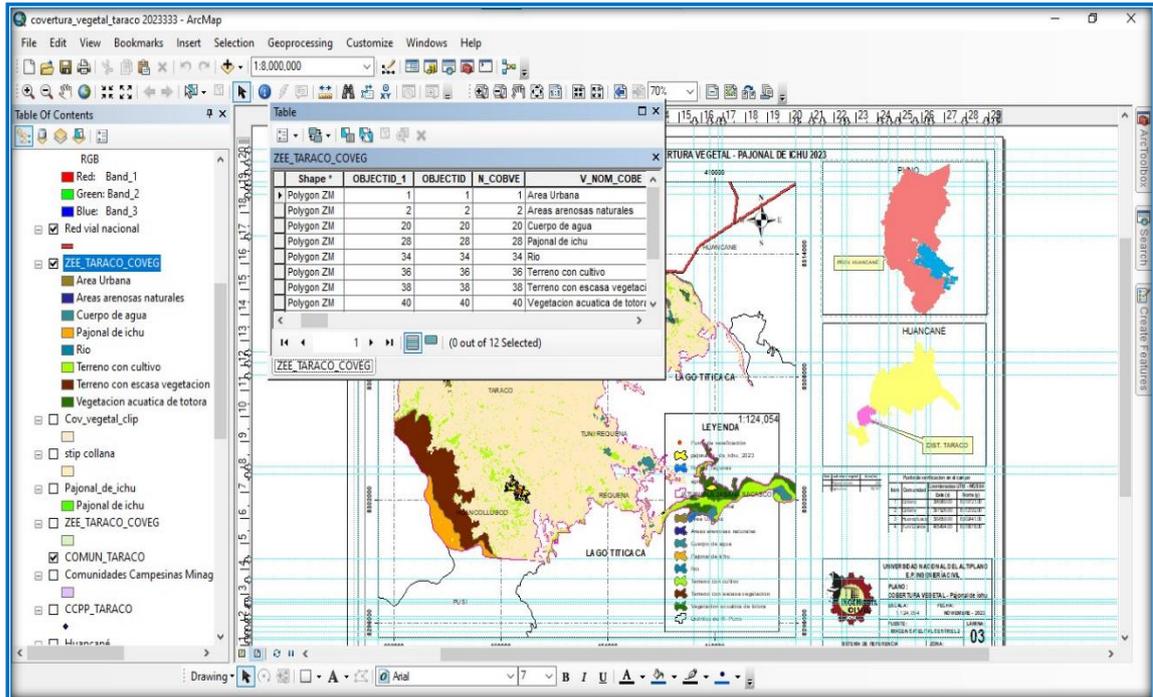
Nota: Importación de puntos supervisadas al programa ArcGIS.



Nota: Exportación de la imagen TIFF al programa ENVI.

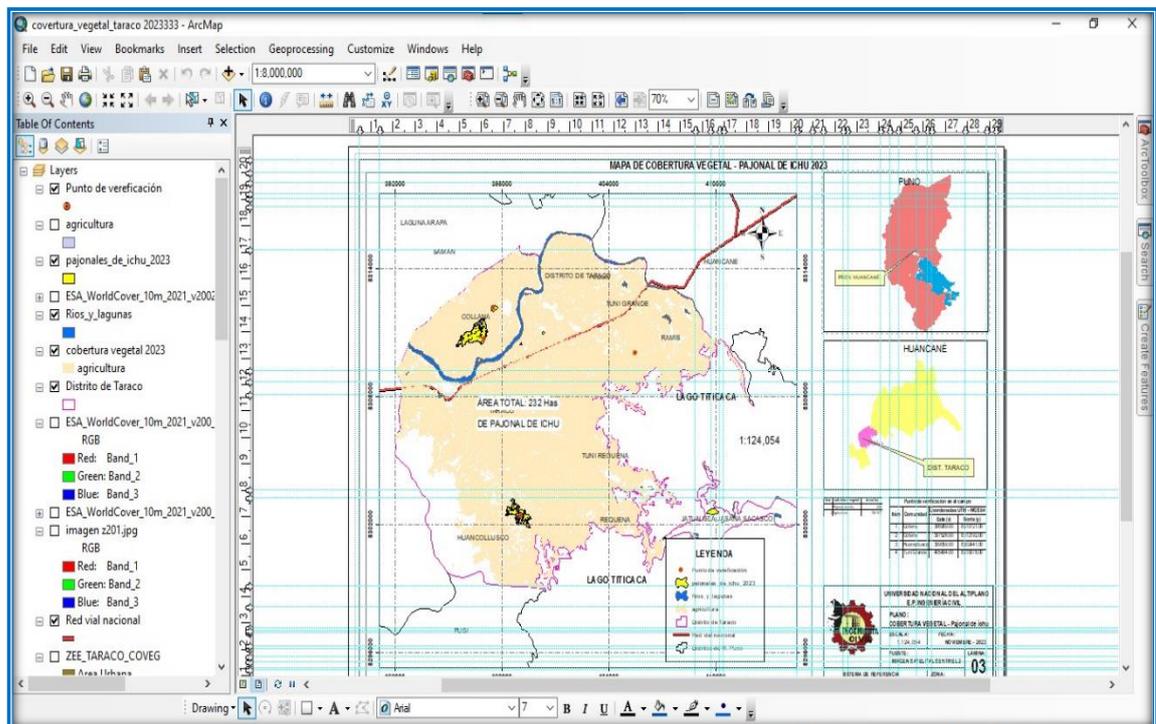


Nota: Procesamiento de imágenes satelitales.



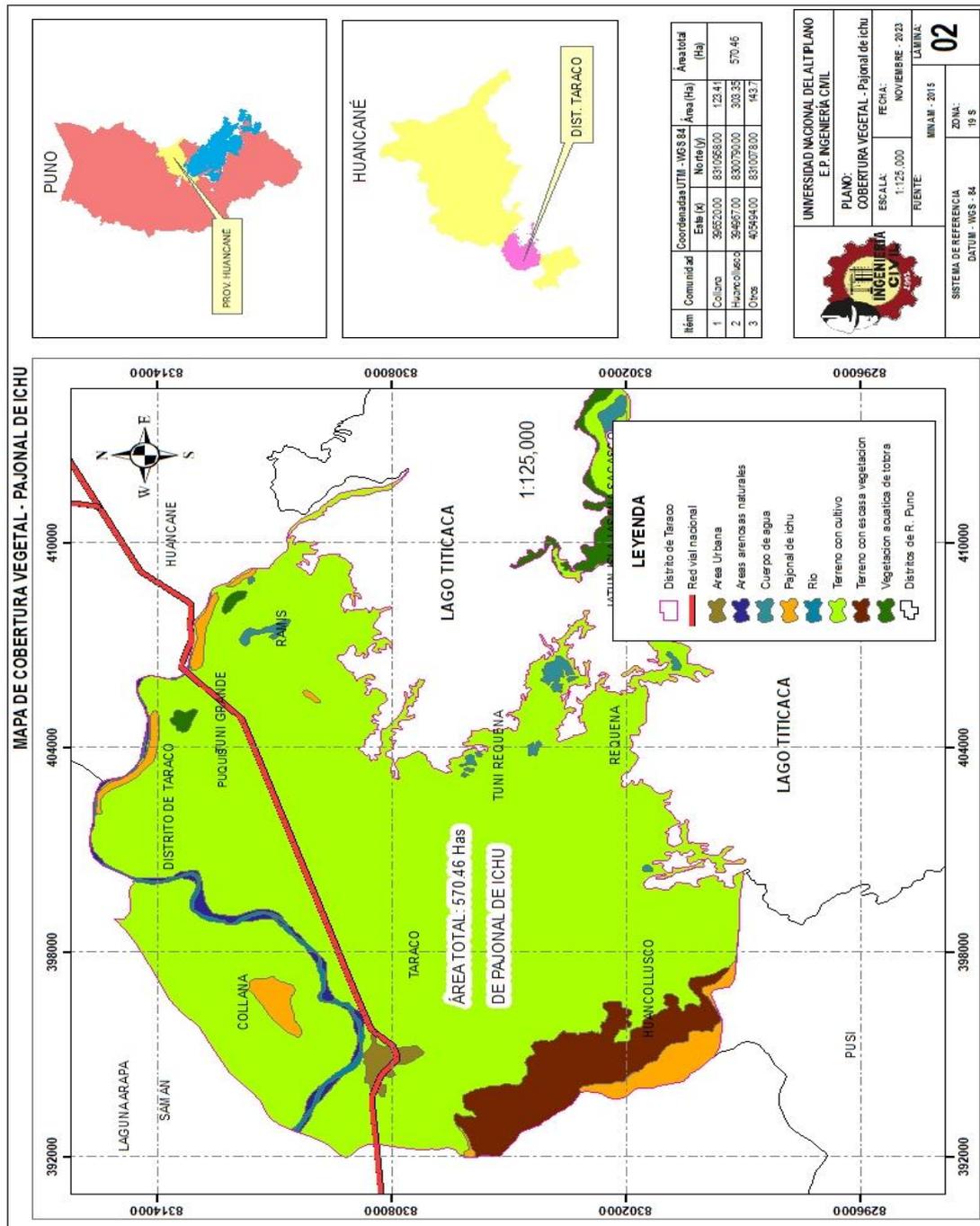
Nota: Procesamiento de datos MIMAN 2015

Anexo 4.3: Identificación de áreas potenciales y zonificación del potencial de producción

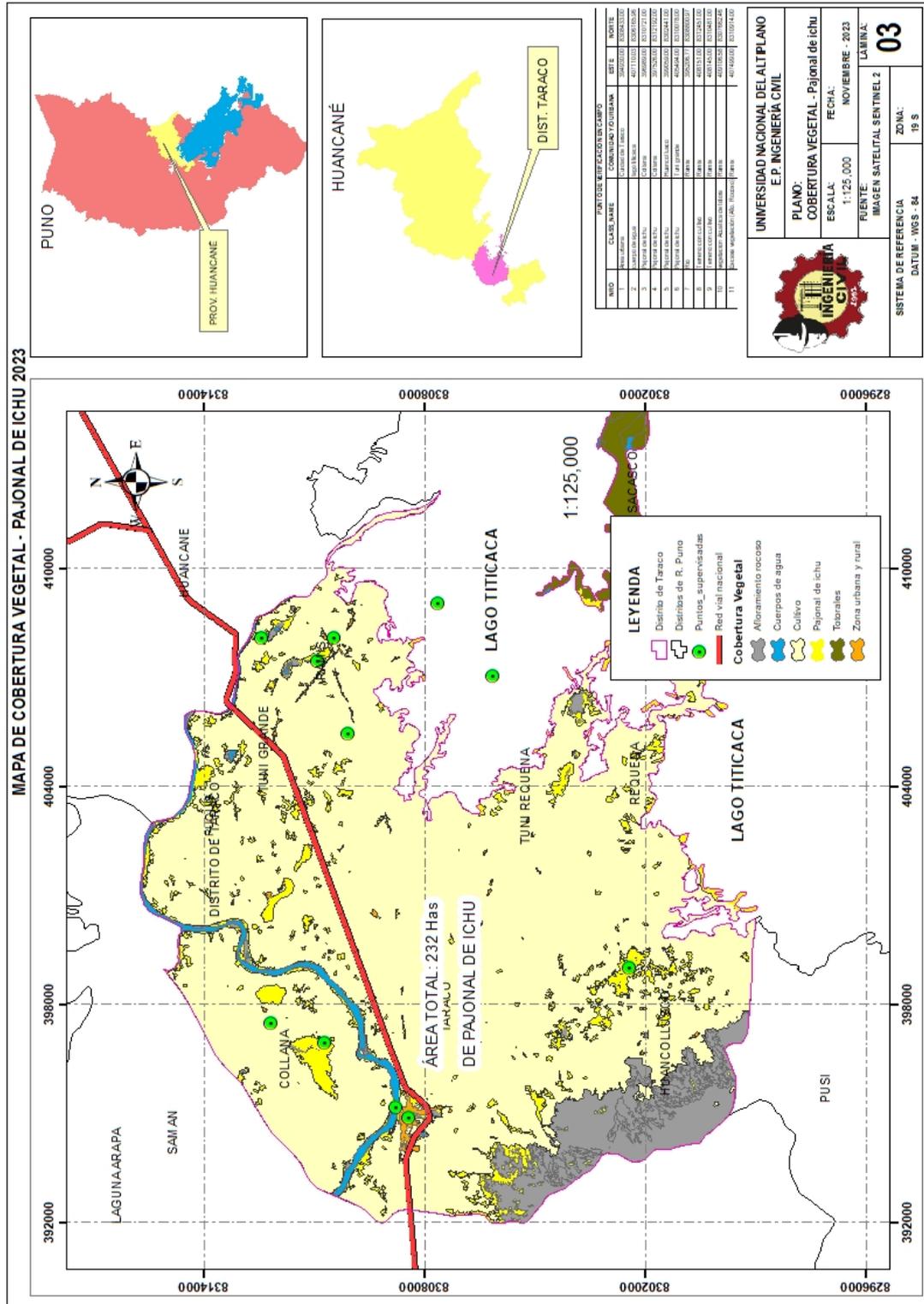


Nota: Zonificación del Stipa ichu, mediante imagen satelital SENTINEL 2 del año 2023

Anexo 4.4: Generación de mapas de potencial de producción

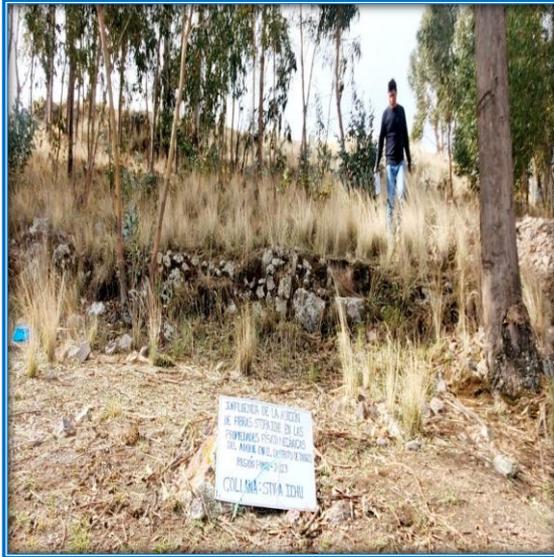


Nota: En el mapa se aprecia la cantidad de pajonal de ichu en hectáreas con los datos del 2015, obtenidos del MINAM, que hacen un total de 570 Hectáreas, en el Distrito de Taraco



Nota: En el mapa se aprecia la cantidad de pajonal de ichu en hectáreas con los datos del 2023, obtenidos de imágenes satelitales SENTINEL 2, que hacen un total de 232 Hectáreas, en el Distrito de Taraco.

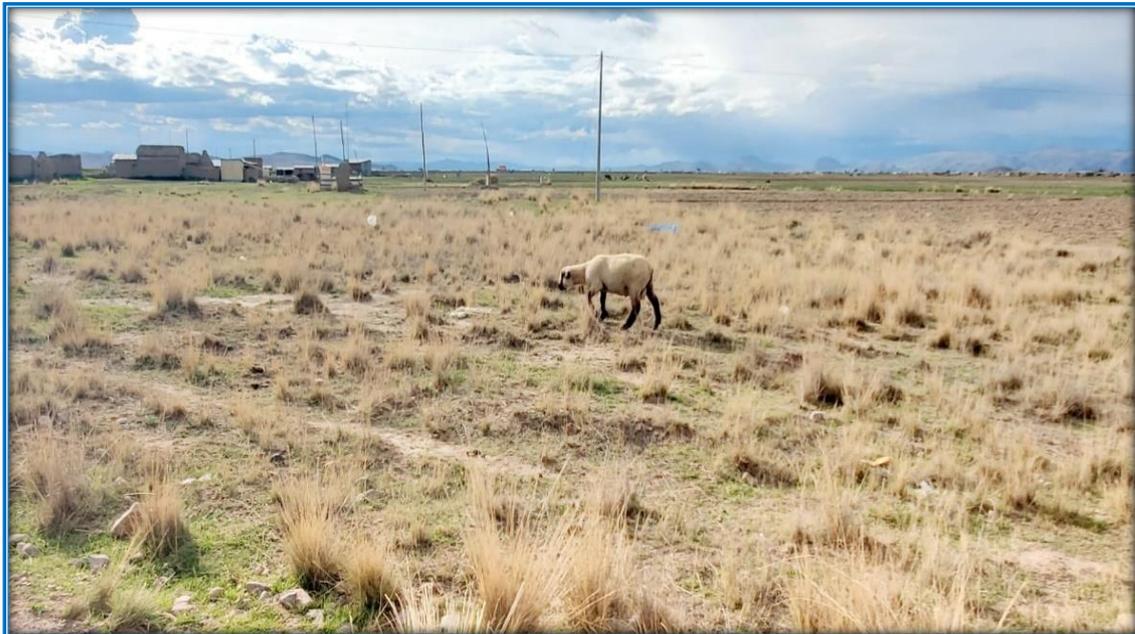
Anexo 4.5: Validación de resultados en campo



Nota: Contrastación de imágenes satelitales y visita al campo – Comunidad de Collana

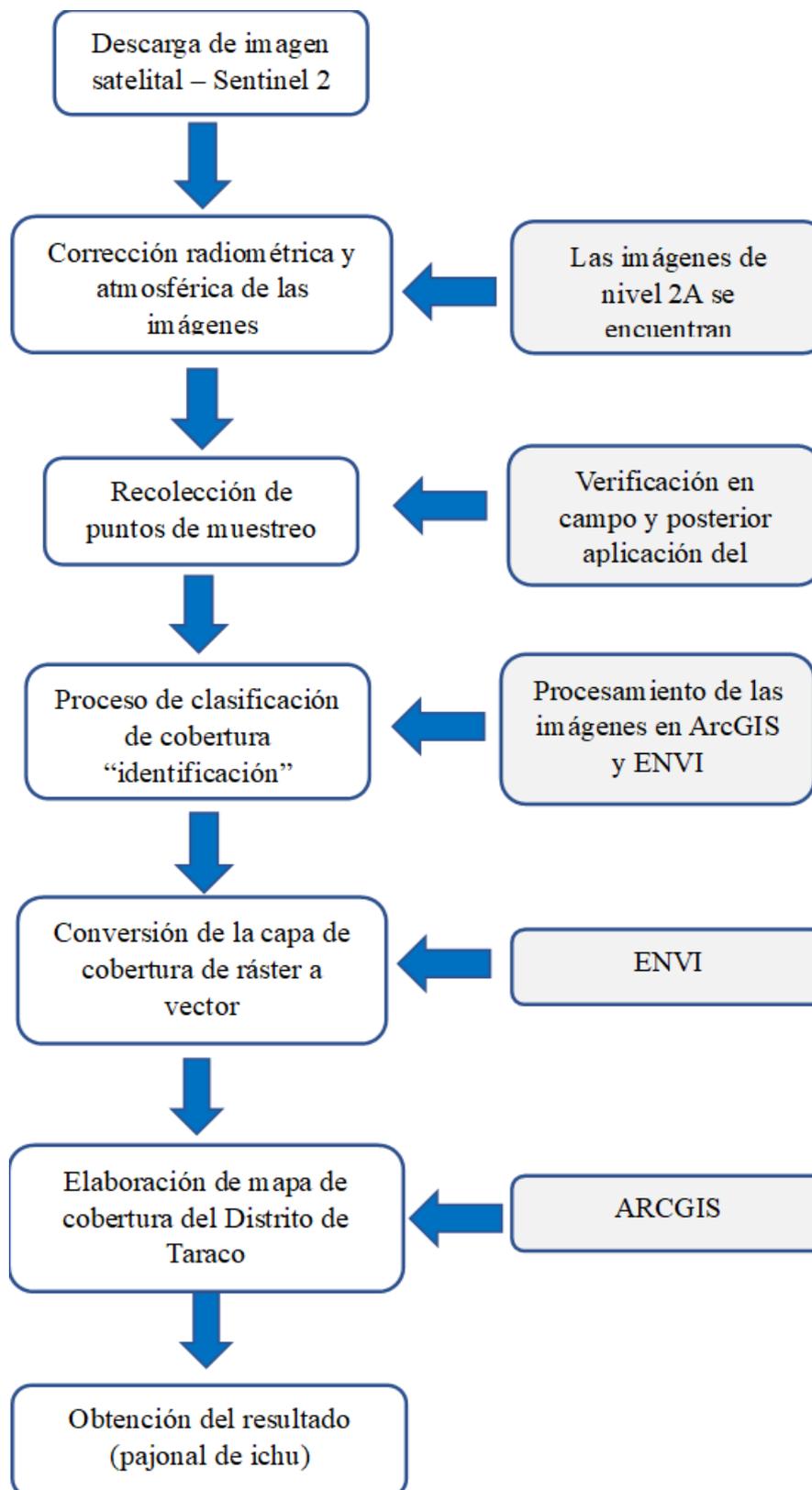


Nota: Contrastación de imágenes satelitales y visita al campo – Comunidad Tuni Grande
– Parcialidad chapajachi.



Nota: Contrastación de imágenes satelitales y visita al campo – Comunidad Huancollusco

Anexo 4.6: Diagrama de flujo para determinar la cobertura vegetal *Stipa ichu* mediante imagen satelital SENTINEL 2



Anexo 5: Caracterización de Sipa ichu



Nota: Se realizó la recolección de muestras por el método del cuadrante de 1m², correspondientes a las zonas de Comunidad de Collana, Huancollusco y Chapajachi



Nota: Peso de las muestras por metro cuadrado de las zonas correspondientes a la Comunidad de Collana, Huancollusco y Chapajachi

ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL STIPA ICHU

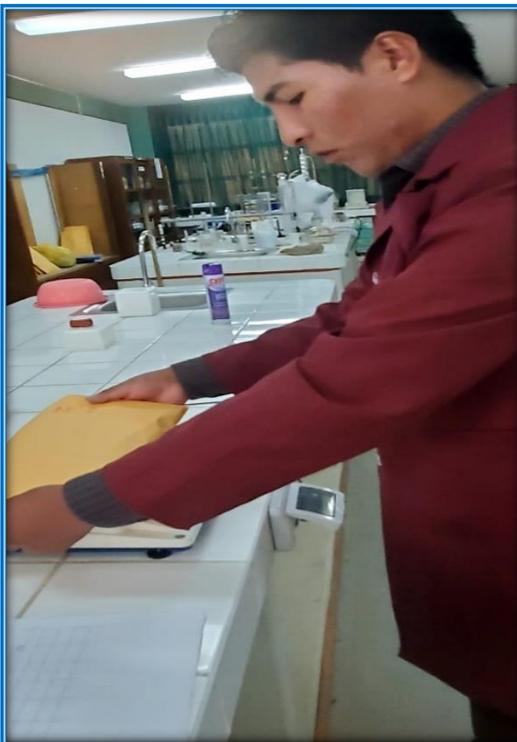
Ensayo – Contenido de Humedad



Nota: Se registran los pesos de los sobre manila, luego se coloca las muestras dentro del sobre manila y de nuevo se registra su peso para cada muestra.



Nota: Proceso de secado: Se somete la muestra a un proceso de secado en la estufa (durante 24 horas).

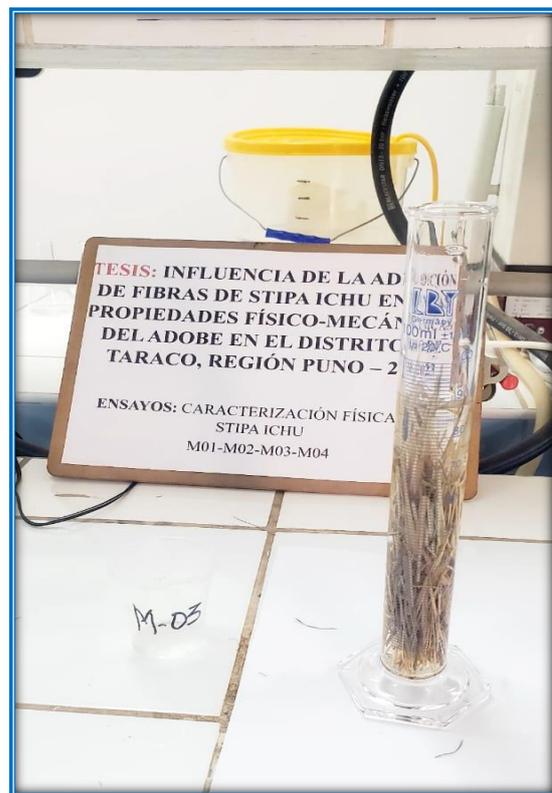


Nota: Se registra el peso de la muestra una vez que ha sido completamente secado.

Ensayo de densidad mediante el método gravimétrico



Nota: Se recortó tallos secos de Stipa ichu en longitudes aproximada de 5.0 cm para crear muestras homogéneas.



Nota: “Introducir la muestra de tallos secos de Stipa ichu en probetas graduadas que contenga agua y finalmente se mide el volumen final del agua en la probeta, teniendo en cuenta el desplazamiento causado por la introducción de los tallos”.

Ensayo de porosidad de Stipa ichu

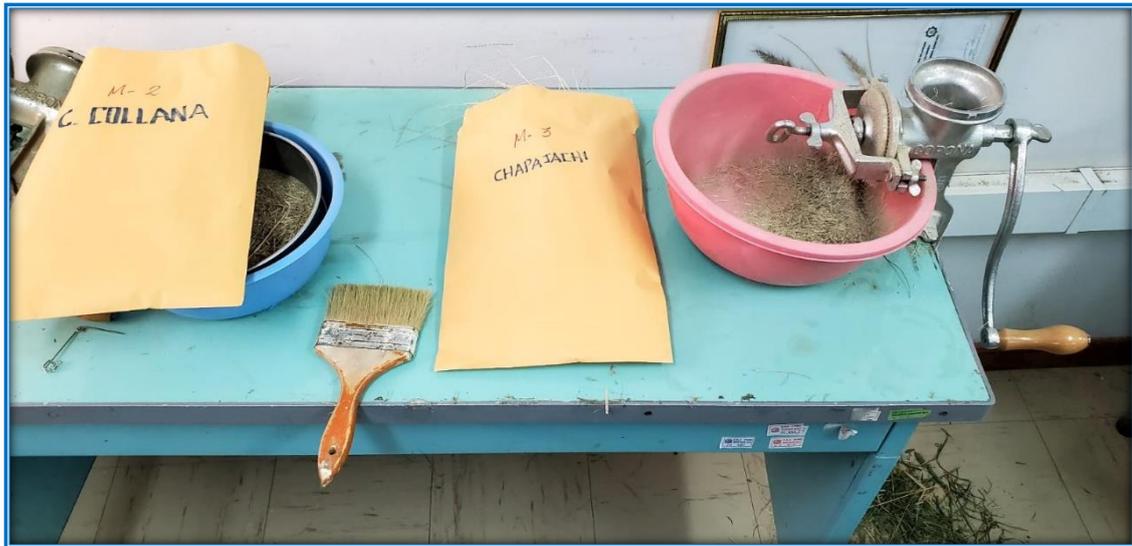


Nota: Se recorta los tallos de Stipa ichu en longitudes aproximados de 5 cm para crea muestras homogéneas, y se registra el peso.



Nota: Sumergir las muestras secas en agua y dejarla en reposo durante 24 horas para permitir la absorción de agua.

Ensayo de cenizas



Nota: Se prepara la muestra que se obtiene moliendo las tres muestras después de haber sido secado la muestra a 65°C.



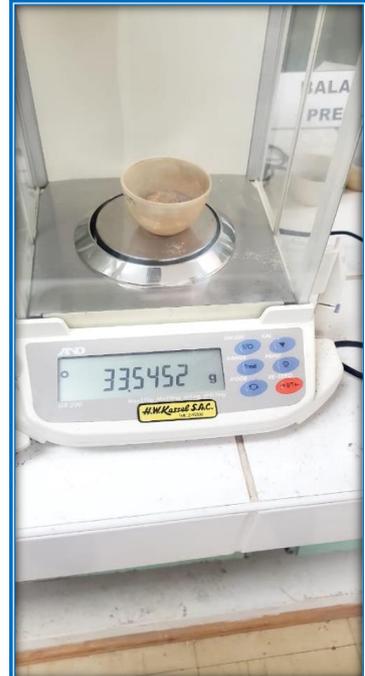
Nota: Las cápsulas de porcelana se dejó secar en la estufa, posteriormente se retira las cápsulas de la estufa y se deja enfriar en el desecador de campana de vidrio, durante un aproximado de 30 min, y finalmente se registra el peso de las cápsulas.



Nota: Se coloca la muestra aproximadamente de 2 g. en la cápsula.

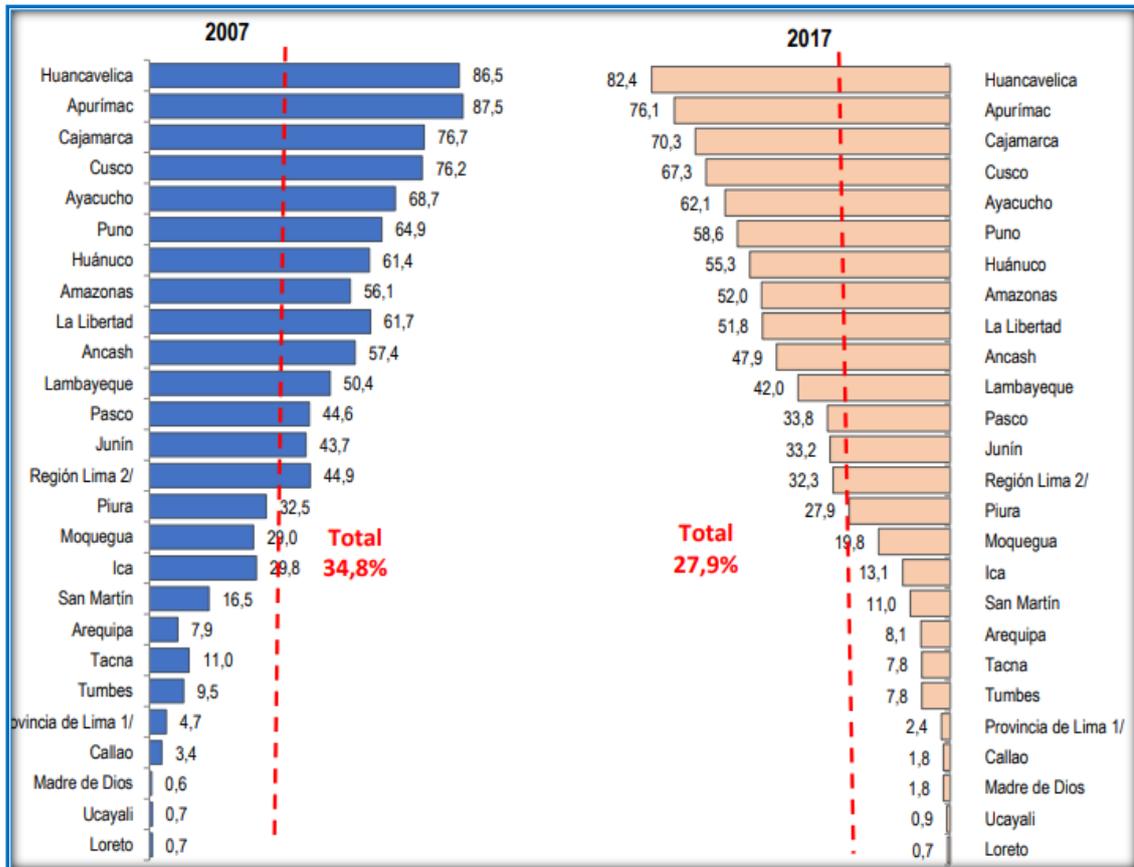


Nota: Se procede a colocar las muestras en la mufla a una temperatura de 650°C



Nota: Una vez que la mufla ha alcanzado la temperatura final de 650°C durante tres horas, luego se apaga la mufla y se deja enfriar, posteriormente se retira las muestras de la mufla para determinar la masa de las cenizas resultantes.

Anexo 6: Uso actual de adobe en la Región de Puno y Distrito de taraco



Nota: “Viviendas con adobe o tapia predominante en las paredes exteriores”, según departamento 2007 y 2017.

Tabla 03

Material predominante en el Distrito de Taraco – INEI 2017

"Tipo de material predominante en las paredes exteriores"			
	CASOS	%	ACUMULADO %
Material noble	471	9.91	9.91
Material de adobe o tapia	4274	89.92	99.83
Material precario	8	0.17	100.00

Nota: La información muestra la distribución del tipo de material predominante en las paredes exteriores de los casos analizados.

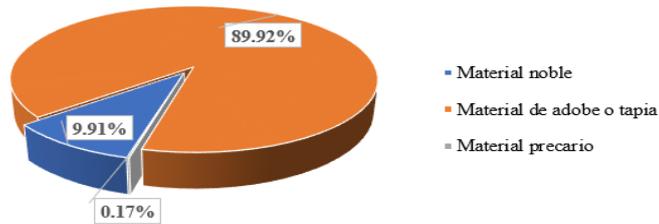
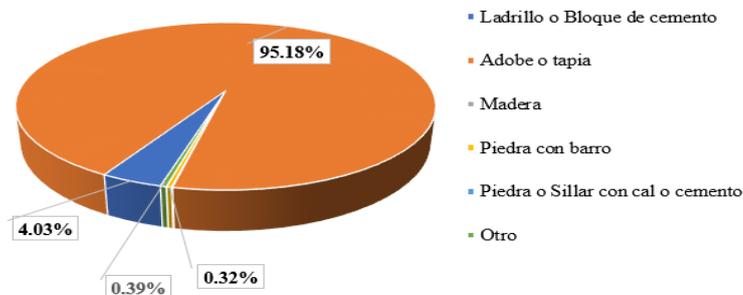


Tabla 04

Material predominante en el Distrito de Taraco – INEI 2007

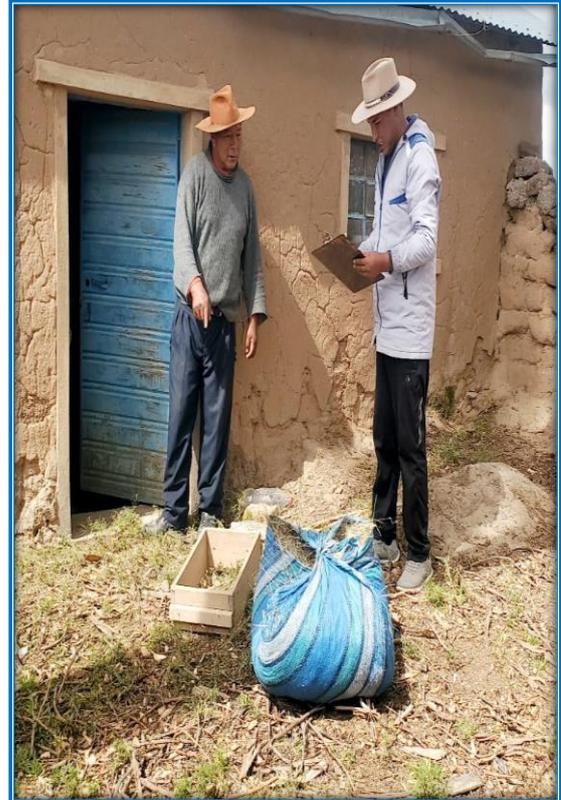
“Material de construcción predominante en las paredes	CASOS	%	ACUMULADO %”
Ladrillo o Bloque de cemento	177	4.03	4.03
Adobe o tapia	4184	95.18	99.20
Madera	3	0.07	99.27
Piedra con barro	14	0.32	99.59
Piedra o Sillar con cal o cemento	1	0.02	99.61
Otro	17	0.39	100.00

Nota: La información muestra la distribución del material de construcción predominante en las paredes de los casos analizados.



A pesar de la evidente reducción en el uso del adobe entre los años 2007 y 2017 en la Región de Puno y el Distrito de Taraco, es notable que este material aún persiste como una elección significativa en la construcción de viviendas. La disminución observada podría ser indicativa de cambios en las preferencias o influencias externas, pero el hecho de que el adobe siga siendo una opción relevante subraya la importancia de una investigación.

Anexo 7: Encuesta a los pobladores con experiencia en la elaboración del adobe en el Distrito de Taraco.



Nota: Encuesta realizada a la población de Taraco, experto en la elaboración de adobes.



Anexo 8: Cuestionario semi estructurada

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE EN EL DISTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO - 2023

CUESTIONARIO

(Pobladores expertos en la elaboración de adobe del Distrito de Taraco)

I. PRESENTACIÓN

El presente cuestionario tiene como objetivo recopilar información sobre la adición empírica de fibra vegetal Stipa ichu en la elaboración de adobes en el Distrito de Taraco, Región Puno – 2023. El estudio servirá para elaborar la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, en tal sentido le agradecemos su colaboración respondiendo a las preguntas del cuestionario.

Muchas gracias

II. INSTRUCCIONES

Lee atentamente las preguntas del cuestionario y marque donde corresponda con aspa (x) las alternativas de acuerdo a tu apreciación.



INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE EN EL DISTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO - 2023

Determinar la adición empírica de Stipa ichu en la elaboración de adobes

Público objetivo: Fabricante de adobe

1. Género

Masculino

Femenino

Otro (Especificar)

2. Edad

40 – 45 años

46 – 50 años

51 – 55 años

56 a más

Prácticas de Adición Empírica de Stipa ichu:

1. ¿Ha utilizado fibras de Stipa ichu en la producción de adobe?

- Sí
- No

2. Si respondió "Sí" en la pregunta anterior, ¿cómo decide la cantidad de fibras de Stipa ichu que agrega a la mezcla de adobe?

- Experiencia personal
- Recomendaciones de otros constructores
- Prueba y error
- Intuición
- Otro (especificar)

3. ¿La cantidad 5 kg de muestra de Stipa ichu, para cuantos adobes abastecería aproximadamente según a su experiencia? Para las siguientes dimensiones (42 x 25 x 12 cm).

- 60 – 65 adobes
- 66 – 70 adobes
- 71 – 75 adobes
- 75 – 80 adobes



4. ¿En su experiencia usted verifica la calidad de suelo a utilizar?

- Si
- No

5. ¿Como se adquiere el Stipa ichu para la elaboración de adobe?

- Comprado
- Del lugar
- Otros

6. ¿Qué tipo de resultados o mejoras espera lograr al agregar fibras de Stipa ichu en la elaboración de adobes?

7. ¿Ha notado alguna diferencia en las propiedades del adobe (resistencia, durabilidad, etc.) cuando se agrega Stipa ichu en comparación con los adobes sin Stipa ichu?

- Si
- No
- No estoy seguro

8. ¿Cree que la adición de Stipa ichu es beneficiosa para la calidad de los adobes en términos de propiedades físico-mecánicas?

- Si
- No
- No estoy seguro

9. ¿Tiene alguna recomendación o consejo para mejorar la práctica de adición de Stipa ichu en la producción de adobes?

10. ¿Qué criterios considera usted, al elegir el Stipa ichu a utilizar en la elaboración de adobe?

Gracias por su participación. Sus respuestas son muy valiosas para nuestra investigación.



Anexo 9: Validación del cuestionario

INSTRUMENTO DE VALIDEZ

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y nombres del experto:

..... SUAÑA HUANCA GABRIEL DAVID

1.2. Título Profesional:

..... INGENIERO CIVIL

1.3. Título de la investigación:

..... INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES
FÍSICO-MECANICAS DEL ADOBE EN EL DISTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO-2023

1.4. Nombre del instrumento:

..... INSTRUMENTO SOBRE LA ADICIÓN EMPÍRICA DE FIBRAS DE STIPA ICHU..
EN LA ELABORACION DE ADOBES'

1.5. Criterios de aplicabilidad:

VALORACIÓN	
CUALITATIVA	CUANTITATIVA
DEFICIENTE: (No válido, reformular)	0 - 20
REGULAR: (No válido, modificar)	21 - 40
BUENA: (Válido, mejorar)	41 - 60
MUY BUENA: (Válido, precisar)	61 - 80
EXCELENTE: (Válido, aplicar)	81 - 100



INSTRUMENTO DE VALIDEZ

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y nombres del experto:

.....*FLWER VILCA ENRIQUES*.....

.....

1.2. Título Profesional:

.....*INGENIERO CIVIL*.....

.....

1.3. Título de la investigación:

INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES.....

FÍSICO-MECANICAS DEL ADOBE EN EL DISTRITO DE TARACO, REGION PUNO-2023.....

1.4. Nombre del instrumento:

INSTRUMENTO SOBRE LA ADICIÓN EMPÍRICA DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LA ELABORACIÓN DE ADOBES

1.5. Criterios de aplicabilidad:

VALORACIÓN	
CUALITATIVA	CUANTITATIVA
DEFICIENTE: (No válido, reformular)	0 - 20
REGULAR: (No válido, modificar)	21 - 40
BUENA: (Válido, mejorar)	41 - 60
MUY BUENA: (Válido, precisar)	61 - 80
EXCELENTE: (Válido, aplicar)	81 - 100



INSTRUMENTO DE VALIDEZ

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y nombres del experto:

..... HENNER HOXA MONROY QUISPE

.....

1.2. Título Profesional:

..... INGENIERO CIVIL

.....

1.3. Título de la investigación:

..... INFLUENCIAS DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES
FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE EN EL OSTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO-2023

1.4. Nombre del instrumento:

..... INSTRUMENTO SOBRE LA ADICIÓN EMPÍRICA DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LA ELABORACIÓN
DE ADOBES

1.5. Criterios de aplicabilidad:

VALORACIÓN	
CUALITATIVA	CUANTITATIVA
DEFICIENTE: (No válido, reformular)	0 - 20
REGULAR: (No válido, modificar)	21 - 40
BUENA: (Válido, mejorar)	41 - 60
MUY BUENA: (Válido, precisar)	61 - 80
EXCELENTE: (Válido, aplicar)	81 - 100

RESULTADO DE LA PRUEBA DE VALIDEZ

TÍTULO: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE EN EL DISTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO - 2023

Autor del instrumento: Moises Vilca Vilca

Nombre del instrumento: Instrumento sobre la adición empírica de fibras de Stipa ichu en la elaboración del adobe

Se realizó la prueba de validez del instrumento de recolección de datos, a través del juicio de expertos, donde colaboraron los siguientes profesionales:

Ing. GABRIEL DAVID SUAÑA HUANCA, Residente de obra, en la Municipalidad Distrital de Challhuahuacho.

Ing. ELWER VILCA ENRIQUEZ, Residente de obra, Casitas Calientes "SUMAQ WAJTI"

Ing. HENVER HOXA MONROY QUISPE, Supervisor de Obra, en la Municipalidad Provincial de Puno.

PROFESIONALES	INDICADORES								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GABRIEL DAVID SUAÑA HUANCA	40	50	60	50	65	75	70	55	35
ELWER VILCA ENRIQUEZ	60	65	70	65	85	80	70	65	75
HENVER HOXA MONROY QUISPE	55	70	60	80	80	75	70	75	75
PROMEDIO	65.75								

Teniendo en cuenta la tabla de validación

VALORACIÓN	
CUALITATIVA	CUANTITATIVA
Deficiente	0 – 20
Regular	21 – 40
Buena	41 – 60
Muy buena	61 – 80
Excelente	81 – 100

Después de someter el instrumento de investigación a una prueba de validez mediante el juicio de expertos, se obtuvo una puntuación total de 65.75 puntos. Este resultado se sitúa dentro del rango considerado como "Muy buena". Estos hallazgos destacan la solidez y confiabilidad del instrumento de recolección de datos utilizado en esta investigación, según la evaluación realizada por profesionales expertos en el campo. Este respaldo refuerza la robustez del instrumento y proporciona una base sólida para la posterior aplicación y análisis de los datos recopilados.

Resultados de la Encuesta sobre el Uso de Stipa Ichu en la Elaboración de Adobe

N°	Género	Edad	¿Ha utilizado fibras de Stipa ichu en la producción de adobe?	SI respondió "Si" en la pregunta anterior, ¿cómo decide la cantidad de fibras de Stipa ichu que agrega a la mezcla de adobe?	¿La cantidad 5 kg de muestra de Stipa ichu, para cuantos adobes abastecería aproximadamente según a su experiencia? Para las siguientes dimensiones (42 x 25 x 12 cm).	¿En su experiencia usted verifica la calidad de suelo a utilizar?	¿Como se adquiere el Stipa ichu para la elaboración de adobe?	¿Qué tipo de resultados o mejoras espera lograr al agregar fibras de Stipa ichu en la elaboración de adobes?	¿Ha notado alguna diferencia en las propiedades del adobe (resistencia, durabilidad, etc.) cuando se agrega Stipa ichu en comparación con los adobes sin Stipa ichu?	¿Cree que la adición de Stipa ichu es beneficiosa para la calidad de los adobes en términos de propiedades físico-mecánicas?	¿Tiene alguna recomendación o consejo para mejorar la práctica de adición de Stipa ichu en la producción de adobes?	¿Qué criterios considera usted, al elegir el Stipa ichu a utilizar en la elaboración de adobe?
1	Masculino	40-45	Sí	Experiencia personal	60-65	Sí	Del lugar	Evitar las fisuras en el proceso de secado	No estoy seguro	No estoy seguro	No	El ichu debe estar completamente seco para la adición
2	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	El adobe sea mas fuerte y resistente	Sí	Sí	El ichu se debe adicionar proporcionalmente a la cantidad de adobes	El ichu debe estar seco, extraídos generalmente en los meses de junio a agosto
3	Masculino	57 a más	Sí	Experiencia personal	75-80	Sí	Del lugar	Mejora su resistencia y durabilidad	Sí	Sí	Se debe mezclar bien y se debe adicionar según a la cantidad de adobes que se propone elaborar	Considerar que el ichu tenga menos tallos gruesos
4	Masculino	46-50	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	El adobe sea más fuerte al adicionar el ichu	Sí	Sí	Pienso que sería bueno adicionar el ichu en dimensiones pequeñas, esto para mejorar la trabajabilidad	Me baso principalmente en la disponibilidad del ichu
5	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	Puede ser que mejore su resistencia	No estoy seguro	No estoy seguro	De que la mezcla debe ser homogénea	Excluir el ichu de mayores dimensiones
6	Masculino	46-50	Sí	Experiencia personal	60-65	Si	Del lugar	Solo evita la fisuración	No estoy seguro	No estoy seguro	Se debe identificar el tipo de suelo	debe ser de lugar, tamaño regular
7	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	71-75	Si	Del lugar	El adobe sea mas fuerte con adición de ichu	Sí	Sí	La adición debe ser proporcional a la cantidad de adobes a elaborar	Con tal de que el ichu sea seco
8	Masculino	57 a más	Sí	Experiencia personal	66-70	Si	Del lugar	Evitar las fisuras en el adobe	Sí	Sí	Se debe poner el ichu uniformemente distribuido	Debe estar seco y en proporciones pequeñas
9	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	66-70	No	Del lugar	Evitar la aparición de fisuras al momento de secado	No estoy seguro	No estoy seguro	No	La calidad y debe estar seco
10	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	66-70	No	Del lugar	Mayor resistencia y durabilidad	Sí	Sí	Se debe distribuir uniformemente a la mezcla	Calidad del ichu como la longitud y debe estar seco

N°	Género	Edad	¿Ha utilizado fibras de Stipa ichu en la producción de adobe?	Si respondió "Sí" en la pregunta anterior, ¿cómo decide la cantidad de fibras de Stipa ichu que agrega a la mezcla de adobe?	¿La cantidad 5 kg de muestra de Stipa ichu, para cuantos adobes abastecería aproximadamente según a su experiencia? Para las siguientes (42 x 25 x 12 cm).	¿En su experiencia usted verifica la calidad de suelo a utilizar?	¿Como se adquiere el Stipa ichu para la elaboración de adobe?	¿Qué tipo de resultados o mejoras espera lograr al agregar fibras de Stipa ichu en la elaboración de adobes?	¿Ha notado alguna diferencia en las propiedades del adobe (resistencia, durabilidad, etc.) cuando se agrega Stipa ichu en comparación con los adobes sin Stipa ichu?	¿Cree que la adición de Stipa ichu es beneficiosa para la calidad de los adobes en términos de propiedades físico-mecánicas?	¿Tiene alguna recomendación o consejo para mejorar la práctica de adición de Stipa ichu en la producción de adobes?	¿Qué criterios considera usted, al elegir el Stipa ichu a utilizar en la elaboración de adobe?
11	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	66-70	No	Del lugar	No estoy seguro	No estoy seguro	No estoy seguro	No	El ichu debe estar seco
12	Masculino	46-50	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	Se puede evitar la aparición de fisuras en procesos de secado	No estoy seguro	No estoy seguro	No sé, creo que agregar un poco más el ichu pueda ser bueno	Disponibilidad, elijo el que esta mas seco donde vivo, nose mucho sobre criterios.
13	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	66-70	Sí	Del lugar	De no aparecer las fisuras al secar el adobe	No estoy seguro	No estoy seguro	No	La calidad de ichu que debe medir de 40 a 60 cm aproximadamente
14	Masculino	56 años	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	De que el adobe sea mas resistente y de no aparición de fisuras al momento de secado	Sí	Sí	Se debe adicionar el ichu de 10 a 15 cm de longitud para mejorar su trabajabilidad	Debe estar seco y excluir ichus grandes de longitud o tallo grueso
15	Masculino	46-50	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	Me gustaría de que los adobes sea mas resistentes	Sí	Sí	Se debe realizar la mezcla uniformemente al adicionar el ichu	Debe estar en buen estado y seco
16	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	66-70	Sí	Del lugar	Evitar la aparición de fisuras en el adobe	Sí	Sí	La mezcla de ichu con barro debe ser homogéneo	El tamaño de ichu
17	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	66-71	No	Del lugar	De que no aparezca fisuras en el adobe	No estoy seguro	No estoy seguro	Se debe mezclar bien el ichu	el ichu debe estar seco
18	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	Mejora su resistencia y ademas evita la aparición de fisuras	Sí	Sí	Se debe adicionar según el tipo de suelo, por ejemplo hay partes muy arcillosos a pesar de adicionar ichu, este se fisura en el proceso de secado, entonces se suelen adicionar bosta de oveja o vano.	La calidad y tamaño de ichu
19	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	Solo evitar la aparición de fisuras en el adobe	No estoy seguro	No estoy seguro	No	El ichu debe estar seco y se debe seleccionar de menores dimensiones
20	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	Espero de que el adobe sea mas fuerte y resistente	Sí	Sí	Adicionar el ichu de acuerdo a la cantidad de adobes a elaborar	Debe estar seco y limpio

N°	Género	Edad	¿Ha utilizado fibras de Stipa ichu en la producción de adobe?	Si respondió "Sí" en la pregunta anterior, ¿cómo decide la cantidad de fibras de Stipa ichu que agrega a la mezcla de adobe?	¿La cantidad 5 kg de muestra de Stipa ichu, para cuantos adobes abastecería aproximadamente según a su experiencia? Para las siguientes dimensiones (42 x 25 x 12 cm).	¿En su experiencia usted verifica la calidad de suelo a utilizar?	¿Como se adquiere el Stipa ichu para la elaboración de adobe?	¿Qué tipo de resultados o mejoras espera lograr al agregar fibras de Stipa ichu en la elaboración de adobes?	¿Ha notado alguna diferencia en las propiedades del adobe (resistencia, durabilidad, etc.) cuando se agrega Stipa ichu en comparación con los adobes sin Stipa ichu?	¿Cree que la adición de Stipa ichu es beneficiosa para la calidad de los adobes en términos de propiedades físico-mecánicas?	¿Tiene alguna recomendación o consejo para mejorar la práctica de adición de Stipa ichu en la producción de adobes?	¿Qué criterios considera usted, al elegir el Stipa ichu a utilizar en la elaboración de adobe?
21	Masculino	40-45	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	He notado al adicionar ichu de que no aparece fisuras en el adobe	No estoy seguro	No estoy seguro	Es importante la adición de ichu para que no aparezca fisuras en el proceso de secado	El ichu debe tener dimensiones no sean de mayores dimensiones
22	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	60-65	Sí	Del lugar	Mejorar la calidad del adobe	Sí	Sí	Primero verificar la calidad del suelo, generalmente en suelos muy arcillosos se adiciona bosta de oveja, esto evita la fisuración.	Tamaño del ichu y debe estar seco
23	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	75-80	Sí	Del lugar	Se evita la aparición de fisuras en el proceso de secado en el adobe	No estoy seguro	No estoy seguro	Mezclar homogéneamente y la cantidad a adicionar debe ser proporcional a la cantidad de adobes que se propone elaborar.	Se escoge el ichu de menor dimensión y se excluye de tallos, gruesos.
24	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	75-80	Sí	Del lugar	El adobe sea mas fuerte y resistente	Sí	Sí	Se debe adicionar el ichu de menores dimensiones y delgados, esto facilita la trabajabilidad en la mezcla	El ichu debe contener tallos delgados
25	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	Mejorar la mezcla y evitar la aparición de fisuras	No estoy seguro	No estoy seguro	Distribuir el ichu uniformemente a la mezcla	Escoger el ichu de tallos delgados y debe estar seco
26	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	75-80	Sí	Del lugar	Mejora en la cohesión de los componentes y mejorar en su resistencia	Sí	Sí	Picado el ichu para homogenizar la distribución en la mezcla	Excluir de ichu de tallo grueso o maduro
27	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	75-80	Sí	Del lugar	Evitar la aparición de fisuras en el secado de adobe	No estoy seguro	No estoy seguro	-	Ichu debe estar seco
28	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	mayor resistencia del adobe	Sí	Sí	El proceso de mezclado debe ser homogéneo y en algunos casos adicionar bosta de oveja para evitar fisuras	El ichu no debe ser mas de 15 cm de longitud
29	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	75-80	Sí	Del lugar	El adobe sea mas resistente y mas seguro para la construcción de viviendas	Sí	Sí	El ichu se debe adicionar después de la mezcla y distribuir homogéneamente	Excluir de tallos gruesos para la elaboración del adobe
30	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	75-80	Sí	Del lugar	Espero de que el adobe sea mas resistente	Sí	Sí	Se debe adicionar de tallo delgado y de menores dimensiones	El ichu debe tener mas cantidad de tallo delgado y debe estar seco

N°	Género	Edad	¿Ha utilizado fibras de Stipa ichu en la producción de adobe?	Si respondió "Sí" en la pregunta anterior, ¿cómo decide la cantidad de fibras de Stipa ichu que agrega a la mezcla de adobe?	¿La cantidad 5 kg de muestra de Stipa ichu, para cuantos adobes abastecerá aproximadamente según a su experiencia? Para las siguientes (42 x 25 x 12 cm).	¿En su experiencia usted verifica la calidad de suelo a utilizar?	¿Como se adquiere el Stipa ichu para la elaboración de adobe?	¿Qué tipo de resultados o mejoras espera lograr al agregar fibras de Stipa ichu en la elaboración de adobes?	¿Ha notado alguna diferencia en las propiedades del adobe (resistencia, durabilidad, etc.) cuando se agrega Stipa ichu en comparación con los adobes sin Stipa ichu?	¿Cree que la adición de Stipa ichu es beneficiosa para la calidad de los adobes en términos de propiedades físico-mecánicas?	¿Tiene alguna recomendación o consejo para mejorar la práctica de adición de Stipa ichu en la producción de adobes?	¿Qué criterios considera usted, al elegir el Stipa ichu a utilizar en la elaboración de adobe?
31	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	75-80	No	Del lugar	No estoy seguro	No estoy seguro	No estoy seguro	Distribuir el ichu uniformemente	Escoger solo de tallos delgados
32	Masculino	51-55	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	Solo de que no aparezca fisuras en el adobe	No estoy seguro	No estoy seguro	Se debe adicionar el ichu al final de la mezcla y distribuir uniformemente	debe estar en buen estado
33	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	75-80	Sí	Del lugar	Mejorar la resistencia y de que no aparezca fisuras	Sí	Sí	Se debe distribuir el ichu adecuadamente para que la mezcla sea homogénea y que debe ser proporcional a la cantidad de	Debe tener mas la cantidad de tallos delgados
34	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	71-75	Sí	Del lugar	De que los adobes sean mas resistentes despues del secado	Sí	Sí	Adicionar ichu de buena calidad y excluir ichus de mayor dimenstion	la calidad de ichu debe estar seco
35	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	66-70	Sí	Del lugar	Mejora su durabilidad y evita la aparición de fisuras	Sí	Sí	Se debe adicionar homogéneamente el ichu, además se debe adicionar de tamaños moderados	longitud de ichu y debe estar seco
36	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	66-70	Sí	Del lugar	Evitar las fisuras del adobe en el proceso de secado	Sí	Sí	Distribuir el ichu uniformemente, si el suelo es muy arcilloso se adiciona bosta de vaca, para evitar la aparición de fisuras	Debe estar seco
37	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	66-70	Sí	Del lugar	Mejorar su resistencia y evitar la aprición de fisuras en el adobe en el proceso de secado	Sí	Sí	El ichu debe estar distribuido uniformemente	Debe ser del lugar y que bede contener de fibras pequeñas
38	Masculino	46-50	Sí	Experiencia personal	66-70	No	Del lugar	Evitar la parición de fisuras	No estoy seguro	No estoy seguro	La mezcla debe ser homogénea	el ichu debe estar seco
39	Masculino	56 a más	Sí	Experiencia personal	66-70	No	Del lugar	No estoy seguro	No estoy seguro	No estoy seguro	-	El ichu debe estar seco
40	Masculino	46-50	Sí	Experiencia personal	60-64	Sí	Del lugar	Mejorar su durabilidad	Sí	Sí	se debe distribuir de manera homogénea el ichu	Debe estar seco



Anexo 10: Constancias de uso de equipos y laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

COSTANCIA DE USO DE EQUIPOS Y LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES
DE LA FICA

Hace constar:

Que el tesista, conducente a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil Bach: **MOISES VILCA VILCA**, hizo uso de los equipos del Laboratorio de Construcciones - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: **"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES FISICO MECÁNICAS DEL ADOBE EN EL DISTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO - 2023"**.

Los ensayos que realizo son los siguientes.

Nº	TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD
1	Ensayo de resistencia a compresión (cubos de adobe 4.5" x 4.5")	16
2	Ensayo de resistencia a flexión (prismas de adobe 4.5" x 4.5" 17.5")	16
3	Ensayo de variabilidad dimensional	12
4	Ensayo de alabeo	12
5	Ensayo de absorción	12

Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Construcciones.

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

Puno, C. U. 1 de Diciembre del 2023.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO CONSTRUCCIONES - EPS

Ing. Mg. GINO F. LAQUE CORDOVA
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO
DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y MATERIALES DE LA FICA

Hace constar:

Que el tesista, **Bach. MOISÉS VILCA VILCA**, hizo uso de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: " **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE EN EL DISTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO - 2023**". Conducentes a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos que realizaron son los siguientes.

Nº	ENSAYOS	NORMA	CANTIDAD	U.M.
01	Análisis Granulométrico por Lavado	ASTM D-6913	01	Und.
02	Límites de Consistencia (L.L. y L.P.)	ASTM D-4318	01	Und.

Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales.

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

Puno, C. U. 28 de noviembre del 2023.



C.c.
Arch./LMSyM.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, TECNICO LABORATORISTA BENITO FERNANDEZ CALLOPAZA ANALISTA DEL LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS DE LA E.P. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA UNA – PUNO.

HACE CONSTAR. - Que, el Bachiller **MOISES VILCA VILCA**, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional del Altiplano, realizando su proyecto de Investigación: *"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE EN EL DISTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO – 2023"*, realizando la recolección de muestras en el distrito de Taraco durante los meses de enero del 2024; mediante el método del CUADRANTE, con la estimación siguiente:

Lugar	Muestra	Peso por metro cuadrado (g/m ²)
C. Huancollusco	M-01	495.00
C. Collana	M-02	565.00
C. Chapajachi	M-03	415.00
C. Chapajachi	M-04	430.00
Estimación del peso por metro cuadrado		476.25

Se emite la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que se estime por conveniente.

Puno, 26 de enero del 2024

Benito Fernandez Callopaiza
ANALISTA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
PUNO, PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, INGENIERO Dr. Sc. EVARISTO MAMANI MAMANI – JEFE DEL LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS DE LA E.P. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DE LA UNA – PUNO.

HACE CONSTAR. - Que, el Bachiller **MOISES VILCA VILCA**, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional del Altiplano, realizando su proyecto de Investigación: *"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE EN EL DISTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO – 2023"*, habiendo realizado los siguientes ensayos en laboratorio, con el siguiente detalle.

- Contenido de Humedad y Material seca
- Densidad por el método gravimétrico
- Porosidad
- Cenizas

A la presente, se adjunta cuadro de resultados obtenidos en laboratorio.

Se emite la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que se estime por conveniente.

Puno, 26 de Enero del 2024.



Evaristo Mamani Mamani
Sc. Evaristo Mamani Mamani



Evaristo Mamani Mamani
Téc. Evaristo Mamani Mamani
ANALISTA
PUNO - PERÚ
ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE CALIDAD DE AGUAS
PLUVIAS, ORNAMENTACIÓN DE ALBERGUES Y FERTILIZANTES



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA

PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INTERESADO : MOISES VILCA VILCA

MOTIVO : ANALISIS FÍSICO

FECHA DE MUESTREO : 19/01/2024

FECHA DE ANALISIS : 22/01/2024 al 26/01/2024

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MUESTRA:

ASPECTO: SÓLIDO
COLOR: CAFÉ AMARILLENTO

RESULTADOS:

De acuerdo al reporte que obra en los archivos del laboratorio los resultados son:

ENSAYOS	M - 01	M - 02	M - 03
DENSIDAD (G/CM3)	0.375	0.400	0.395
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.003	13.808	12.897
MATERIAL SECA (%)	86.192	86.192	87.103
POROSIDAD (%)	63.763	64.289	62.466
CENIZAS (%)	4.11	4.19	4.13

Puno. C.U. 26 de Enero del 2024



Evaristo Mamani Mamani
Br. Sc. Evaristo Mamani Mamani



Fernando Chacabarro
Téc. Ferrnando Chacabarro
ANALISTA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL AGUA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MOISES VILCA VILCA
identificado con DNI 70347404 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE STIPA
ITCHU EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL
ADOBE EN EL DISTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO - 2023 "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 29 de ABRIL del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo MOISES VILCA VILCA
identificado con DNI 70347404 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE STIPA ICHU EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE EN EL DISTRITO DE TARACO, REGIÓN PUNO - 2023"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío, en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 29 de ABRIL del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella