



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas con  
mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales, Juliaca  
2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Aguilar Ponce, Tatiana Pliana ([orcid.org/0000-0003-2066-5459](https://orcid.org/0000-0003-2066-5459))

**ASESOR:**

M.Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy ([orcid.org/0000-0002-0250-4363](https://orcid.org/0000-0002-0250-4363))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA - PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

La presente investigación se la dedico a mis padres, Daniel Aguilar Huamantuma y Carmen Ponce Soncco por su apoyo incondicional en todo y en cada momento, por guiarme siempre y hacer posible que culmine esta etapa de mi vida profesional de manera satisfactoria.

y a mi querida hija Daniela por su apoyo incondicional en todo momento y ser mi pilar a mi esfuerzo y seguir adelante.

a mi Asesor M.Sc. Clemente Condori Luis Jimmy de la Universidad Cesar Vallejo por el apoyo y guía en este paso importante en esta etapa de mi vida

Tatiana Pliana

## **Agradecimiento**

Agradecer a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa quienes me dieron la fortaleza y guía para no abandonar mis sueños.

Agradecer por las personas especiales que Dios puso en mi camino, a mi amiga Mishiell por sus palabras y consejos para seguir y no desmayar en mis objetivos de vida.

a la Universidad Cesar Vallejo, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, a mi Asesor el M.Sc. Clemente Condori Luis Jimmy por su apoyo, conocimiento y experiencia para la elaboración de esta investigación.

Tatiana Aguilar

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2 Variables y Operacionalización.....	15
3.3 Población, muestra y muestreo.....	16
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5 Procedimientos.....	18
3.6. Método de análisis de datos.....	28
3.7 Aspectos éticos.....	28
IV. RESULTADOS.....	29
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIONES.....	53
VII. RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS.....	62

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> <i>Resultados del juicio de expertos.</i> .....	17
<b>Tabla 2:</b> <i>Calificación y confiabilidad en la investigación.</i> .....	18
<b>Tabla 3:</b> <i>Límite líquido de la muestra patrón.</i> .....	29
<b>Tabla 4:</b> <i>Límite líquido de la muestra con adición de 5.%</i> .....	29
<b>Tabla 5:</b> <i>Límite líquido de la muestra con adición de 10.%</i> .....	30
<b>Tabla 6:</b> <i>Límite líquido de la muestra con adición de 15.%</i> .....	30
<b>Tabla 7:</b> <i>Resumen de los resultados de límite líquido</i> .....	30
<b>Tabla 8:</b> <i>Límite plástico de la muestra patrón.</i> .....	31
<b>Tabla 9:</b> <i>Límite plástico de la muestra con adición de 5.%</i> .....	32
<b>Tabla 10:</b> <i>Límite plástico de la muestra con adición de 10%.</i> .....	32
<b>Tabla 11:</b> <i>Límite plástico de la muestra con adición de 15.%</i> .....	32
<b>Tabla 12:</b> <i>Resumen de los resultados de límite plástico</i> .....	33
<b>Tabla 13:</b> <i>Resultados de índice plástico</i> .....	34
<b>Tabla 14:</b> <i>Resistencia a la flexión de tejas – 0% adición de ladrillo artesanal</i> .....	35
<b>Tabla 15:</b> <i>Resistencia a la flexión de tejas – 5% adición de ladrillo artesanal</i> .....	35
<b>Tabla 16:</b> <i>Resistencia a la flexión de tejas – 10% adición de ladrillo artesanal</i> ....	35
<b>Tabla 17:</b> <i>Resistencia a la flexión de tejas – 15% adición de ladrillo artesanal</i> ....	35
<b>Tabla 18:</b> <i>Resultados promedio de la resistencia a la flexión de tejas</i> .....	36
<b>Tabla 19:</b> <i>Resultados de absorción de tejas – 0% adición de ladrillo artesanal</i> ...	37
<b>Tabla 20:</b> <i>Resultados de absorción de tejas – 5% adición de ladrillo artesanal</i> ...	37
<b>Tabla 21:</b> <i>Resultados de absorción de tejas – 10% adición de ladrillo artesanal</i> .	37
<b>Tabla 22:</b> <i>Resultados de absorción de tejas – 15% adición de ladrillo artesanal</i> .	37
<b>Tabla 23:</b> <i>Resultados promedio de la absorción de tejas</i> .....	38
<b>Tabla 24:</b> <i>Resultados de Límites de consistencia - índice plástico.</i> .....	39
<b>Tabla 25:</b> <i>Resultados de resistencia a la flexión de tejas</i> .....	42
<b>Tabla 26:</b> <i>Resultados de absorción de tejas</i> .....	46

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Diagrama de dureza de un material .....	9
<i>Figura 2.</i> Muestra de arcilla .....	10
<i>Figura 3.</i> Residuos de ladrillos .....	11
<i>Figura 4.</i> Demolición de vivienda en Juliaca .....	19
<i>Figura 5.</i> Recolección de ladrillos desechados.....	19
<i>Figura 6.</i> Traslado al lugar de producción .....	20
<i>Figura 7.</i> Trituración con uso de herramienta manual .....	20
<i>Figura 8.</i> Trituración con uso de maquina moledora .....	21
<i>Figura 9.</i> Polvo producido a partir de desechos de ladrillo .....	21
<i>Figura 10.</i> Terrones de arcilla roja.....	22
<i>Figura 11.</i> Terrones de arcilla blanca .....	22
<i>Figura 12.</i> Fabricación de la pasta para elaborar tejas.....	23
<i>Figura 13.</i> Almacenaje de pasta húmeda .....	23
<i>Figura 14.</i> Moldeado de tejas .....	24
<i>Figura 15.</i> Almacenaje de tejas en andamios.....	24
<i>Figura 16.</i> Horno para la cocción de tejas .....	25
<i>Figura 17.</i> Control de temperatura de horno .....	25
<i>Figura 18.</i> Extracción de tejas del horno .....	25
<i>Figura 19.</i> Acarreo de muestra de arcillas .....	26
<i>Figura 20.</i> Separación de muestras de arcillas y residuos de ladrillo .....	26
<i>Figura 21.</i> Ensayo de granulometría .....	27
<i>Figura 22.</i> Ensayos de límites de consistencia.....	27
<i>Figura 23.</i> Ensayo de resistencia a la flexión de tejas .....	27
<i>Figura 24.</i> Ensayo de absorción de tejas .....	28
<i>Figura 25.</i> Resumen de resultados del ensayo de Límite líquido.....	31
<i>Figura 26.</i> Resumen de resultados del ensayo de Límite plástico .....	33
<i>Figura 27.</i> Resultados del índice plástico .....	34
<i>Figura 28.</i> Resultados promedio de resistencia a la flexión de tejas .....	36
<i>Figura 29.</i> Resultados promedio de absorción de tejas.....	38
<i>Figura 30.</i> Planteamiento de hipótesis - Anova .....	40
<i>Figura 31.</i> Análisis de varianza - Anova .....	40

<i>Figura 32.</i> Análisis de medias - Anova .....	41
<i>Figura 33.</i> Gráfica de intervalos de índice plástico - Anova .....	41
<i>Figura 34.</i> Resumen de estadísticas descriptivas – hipótesis 2.....	43
<i>Figura 35.</i> Resumen de valor t – hipótesis 2 .....	44
<i>Figura 36.</i> Gráfica de distribución valor t de 5% de adición de ladrillo – H 2 .....	44
<i>Figura 37.</i> Gráfica de distribución valor t de 10% de adición de ladrillo – H 2 .....	45
<i>Figura 37.</i> Gráfica de distribución valor t de 15% de adición de ladrillo – H 2 .....	45
<i>Figura 38.</i> Resumen de estadísticas descriptivas – hipótesis 3.....	47
<i>Figura 39.</i> Resumen de valor t – hipótesis 3 .....	48
<i>Figura 40.</i> Gráfica de distribución valor t de 5% de adición de ladrillo – H 3 .....	48
<i>Figura 41.</i> Gráfica de distribución valor t de 10% de adición de ladrillo – H 3 .....	49
<i>Figura 42.</i> Gráfica de distribución valor t de 15% de adición de ladrillo – H 3 .....	49

## Resumen

Se planteó el objetivo de elaborar tejas con mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales mediante la reutilización de residuos de ladrillos artesanales.

Siendo una investigación aplicada con diseño experimental, se elaboraron tejas con adición de residuos de ladrillos pulverizados en porcentajes de 0%,5%,10% y 15%, con una muestra total de 40 tejas. Se llevaron a cabo ensayos de límites de consistencia para caracterizar la materia prima a utilizar y ensayos de resistencia a la flexión y absorción para las tejas

Los resultados de índice de plasticidad fueron 40.86 %, 39.96 %, 39.49 % y 38.86 %; de resistencia a la flexión 168.14 kg/cm<sup>2</sup>, 212.51 kg/cm<sup>2</sup>, 241.13 kg/cm<sup>2</sup> y 267.3 kg/cm<sup>2</sup>; y de absorción 16.09 %, 13.91 %, 12.26 % y 11.30 %; para los porcentajes de adición de ladrillo artesanal de 0%,5 %,10% y 15%, respectivamente.

Finalmente, se concluyó que la adición de residuos de ladrillo artesanal mejora las propiedades mecánicas de las tejas, ya que aumenta la resistencia a la flexión de las tejas y a su vez, disminuye la absorción de las mismas. De tal forma que, para la resistencia a la flexión existe una mejora de hasta el 59% entre la muestra con adición del 15% en comparación con la muestra patrón; y para el porcentaje de absorción, existe una disminución de hasta el 29.7% entre la muestra con adición del 15% en comparación con la muestra patrón.

**Palabras clave:** *Ladrillo reciclado, tejas, propiedades mecánicas.*

## Abstract

The objective of this investigation was making tiles with better mechanical properties for rural dwellings through the reuse of artisanal brick waste.

Being applied research with experimental design, tiles were made with the addition of pulverized brick residues in percentages of 0%, 5%, 10% and 15%, with a total sample of 40 tiles. Consistency limit tests were carried out to characterize the raw material to be used and flexural strength and absorption tests for the tiles.

The plasticity index results were 40.86%, 39.96%, 39.49% and 38.86%; flexural strength 168.14 kg/cm<sup>2</sup>, 212.51 kg/cm<sup>2</sup>, 241.13 kg/cm<sup>2</sup> and 267.3 kg/cm<sup>2</sup>; and absorption 16.09%, 13.91%, 12.26% and 11.30%; for the percentages of addition of artisanal brick of 0%, 5%, 10% and 15%, respectively.

Finally, it was concluded that the addition of artisanal brick waste improves the mechanical properties of the tiles, since it increases the flexural strength of the tiles and, in turn, decreases their absorption. In such a way that, for the resistance to bending, there is an improvement of up to 59% between the sample with the addition of 15% compared to the standard sample; and for the percentage of absorption, there is a decrease of up to 29.7% between the sample with addition of 15% compared to the standard sample.

**Keywords:** Recycled brick, roof tiles, mechanical properties.

## I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito global, García (2019) demostró que los ladrillos de arcilla, aparte de ser fragmentos de varios modelos y dimensiones, son de gran ayuda en la construcción ya que colaboran con impermeabilizar el techo y evitar la radiación de los rayos del sol, además, este tipo de cobertura le da a la casa un estilo colonial que, a su vez, ha logrado ser muy bien acogido por la sociedad, ya que le ofrece a cada edificación un toque de elegancia. Asimismo, Pinchi et al. (2020) señalan que las tejas han sido uno de los principales materiales de construcción desde la antigüedad ya que tienen su origen en Mesopotamia y Palestina, donde hay poca madera y piedra. Mientras que los residentes de Jericó, Palestina, han estado fabricando tejas durante unos 9.000 años; los constructores sumerios y babilonios construyeron torres, palacios y muros con tejas que se secaban al sol, que cubrían con otras tejas más duraderas cocidas en hornos. En sus últimos años, los persas y los chinos construyeron con tejas.

A nivel nacional, uno de los materiales de construcción más utilizados para terminar el techo de una casa o edificio es la teja cerámica. En la actualidad, este material se utiliza sin ningún tipo de conocimiento objetivo sobre su comportamiento físico y mecánico determinado por ensayos de laboratorio. A medida que crece la población y la necesidad de vivienda, también lo hace la demanda de cubiertas para techos y materiales de construcción. Estos materiales cerámicos de arcilla calcinada son superiores a otros tipos de materiales de acabado de techos en términos de estética tradicional, durabilidad, fabricación a partir de materiales naturales y ciertas propiedades que brindan comodidad humana. (Fernández, 2019). Por otro lado, las casas de adobe en el Perú representan más del 50% de la vivienda rural del país y son muy apreciadas por su economía, durabilidad, fácil acceso a los materiales y facilidad de construcción. La gente que habita en zonas rurales ha estado construyendo viviendas con adobe desde la antigüedad, siguiendo las técnicas de construcción tradicionales que fueron transmitidos por sus antepasados, de esta manera, las tejas se han convertido en el material predominante de cobertura de dichas viviendas (Mamani, 2015)

A nivel local, en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, cobró importancia el complementar cubiertas en viviendas rurales, esto ante posibles problemas de

mediano y/o largo plazo, debido a que la mayoría de las viviendas rurales usan cubiertas de calamina, las cuales son vulnerables a los fuertes vientos que se presentan en la zona y comprometen la integridad de las personas, para ello se requiere de mejorar la calidad de dichas coberturas.

## **Formulación del problema**

### **Problema General**

¿Cómo la reutilización de residuos de ladrillos artesanales permitiría elaborar tejas con mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales?

### **Problemas Específicos**

- ¿Con la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas para viviendas rurales cambian los límites de consistencia del material utilizado?
- ¿Con la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en tejas para viviendas rurales la resistencia a la flexión aumenta?
- ¿Con la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en tejas para viviendas rurales la absorción disminuye?

### **Justificación**

La presente investigación surge debido a la existencia de construcción de viviendas rurales con techos de calaminas, a pesar de que dichas calaminas son vulnerables a sufrir fallos a causa de fuertes vientos. Lo que se busca es dar énfasis a la fabricación de cubiertas de buenas propiedades físicas cumpliendo los estándares de calidad, siendo cubiertas más seguras para que las viviendas puedan albergar personas de manera adecuada.

Este estudio presenta una alternativa para la fabricación de cubiertas de materiales reciclados de residuos de ladrillos artesanales, lo que significaría una mejora en sus propiedades mecánicas.

Para cumplir con todo lo relacionado con la investigación, se contó con la guía de los antecedentes y demás revisiones bibliográficas. Asimismo, las pruebas de laboratorio son realizadas en laboratorios especializados y así tener resultados que sirvan de

base para futuras investigaciones sobre la fabricación de cubiertas con residuos de ladrillos artesanales.

Al utilizar los residuos de ladrillos artesanales para la fabricación de cubiertas se seleccionó toda la información necesaria y veraz, que se consideraran en los estudios previos que contribuyeron al avance de la investigación. Este estudio brinda una alternativa de material que puede ser utilizado en los sistemas constructivos peruanos debido a que aumenta la resistencia requerida para los muros de la edificación.

#### **Justificación social:**

La investigación aportará mejoría en la calidad de las cubiertas de alta resistencia, de tal forma mejoren sus características y cumplan con las exigencias de las normas, por consiguiente, se podrá asegurar la calidad de las coberturas en las edificaciones rurales y minimizar los efectos que se puedan presentar más adelante. Esto ayudará a elevar el nivel de vida de los pobladores del área rural.

#### **Justificación metodológica:**

Gracias a la aplicación de herramientas de estimación de algunos estudios pasados legítimamente confiables, es posible verificar algunos eventos de interés en el estudio, mientras que al mismo tiempo este también es un estudio que ayuda comprender las propiedades mecánicas de las tejas como cubiertas de viviendas rurales.

#### **Justificación teórica:**

El valor teórico del proyecto se basa en mejorar las propiedades mecánicas de las tejas que componen las cubiertas de viviendas rurales, en tanto cumplan con los requisitos de la normatividad vigente, la Norma Técnica Peruana y el RNE.

#### **Justificación práctica:**

Actualmente no existe ningún proyecto de este tipo para la provincia de San Román, en el que se elaboren cubiertas de alta resistencia con materiales reciclados como es el residuo de ladrillos artesanales. Por lo tanto, el desarrollo de este proyecto es importante para el desarrollo de la población

### **Objetivos**

#### **Objetivo General**

Elaborar tejas con mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales mediante la reutilización de residuos de ladrillos artesanales.

### **Objetivos Específicos**

- Comprobar que con la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas para viviendas rurales cambian los límites de consistencia del material utilizado.
- Superar la resistencia a la flexión de tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales.
- Lograr que disminuya la absorción de las tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales.

### **Hipótesis**

#### **Hipótesis General**

La reutilización de residuos de ladrillos artesanales mejora las propiedades de tejas para viviendas rurales.

#### **Hipótesis Específicas**

- Con la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas para viviendas rurales, existe un cambio en los límites de consistencia del material utilizado.
- La resistencia a la flexión de tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales, aumenta.
- La absorción de tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales, disminuye

### **Delimitaciones**

#### **Delimitación temporal**

El estudio se realizó en un tiempo de 6 meses, empezó el día 10 de febrero del 2022 y terminó el 21 de julio de 2022.

#### **Delimitación espacial**

El estudio se realizó en el Región de Puno, provincia de San Román, ciudad de Juliaca.

## II. MARCO TEÓRICO

### Trabajos previos

#### Antecedentes internacionales

Agudelo, (2015) en su tesis denominada “Elaboración de tejas utilizando residuos de polietileno tereftalato (pet)” El trabajo de desarrollo con el objetivo de Fabricación de tejas a partir de residuos de tereftalato de polietileno (PET) en mortero (mortero). La metodología que utilizaron fue de tipo experimental. Teniendo en cuenta que el estudio permite caracterizar y analizar la funcionalidad de los morteros (agua, cemento, arena y aditivos en proporciones técnicamente controladas), con un porcentaje de sustitución en fibras PET para la elaboración de tejas, se realizó una investigación para obtener las condiciones y propiedades necesarias Proceso de diferentes materiales. Los resultados de estudio indicaron que las tejas de mortero tradicional son las que menos resistencia presentan. La resistencia a flexión de las baldosas con un 12% y un 15% de sustitución de fibra PET supera el requisito mínimo exigido por la norma española UNE-EN 491, con un mínimo de 1 KN. Sin embargo, NTC4593 requiere un valor mayor a 1.25KN. Esto significa que las baldosas con un 15 % de PET cumplen las normas. Además, los resultados de índice plástico de las arcillas, se determinó que eran 30.01%, 29.5 .%, 28.36% y 25.2% Finalmente se concluyó, que como resultado de la prueba de resistencia a la flexión del cubo, la cantidad de PET aumentó y la resistencia disminuyó en el resultado del mortero sin fibras, pero la relación de 9%, 12% y 15% con respecto al mortero fue 17 Superado. MPa. Lo contrario es cierto en los resultados de las pruebas de flexión de baldosas, donde cuanto mayor es el porcentaje de PET, mayor es la resistencia.

García A. (2011) en su tesis denominada “Análisis de las características físicas y del comportamiento mecánico de las tejas cerámicas curvas antiguas y su evolución en el tiempo trabajo” En sus tesis plantea como objetivo general, Investigar y analizar las características mecánicas y físicas de tejados de diferentes grupos de edad para ver cómo cambian sus movimientos con el tiempo, la metodología de investigación empleada es aplicada, teniendo resultado que la forma de la fractura longitudinal es la prueba a flexión, tanto en tejados nuevas como viejas, el porcentaje de fracturas transversales es menor (16-17%) en aquellas baldosas con menor capacidad

resistente, finalmente concluye indicando que algunas de las baldosas viejas que se sometieron a pruebas de flexión no se rompieron físicamente, pero después de la rotura mecánica, las piezas conservaron su forma con solo grietas completamente visibles. Este fenómeno puede ser a que el musgo adherido a las tejas actúa como una fibra que las fortalece y evita que se vuelvan quebradizas.

Vizueta, (2020) en su investigación denominada “Ecodiseño para la fabricación de tejas cerámicas con aplicación de un descarte industrial polvos de acería Vizueta” Plantea como objetivo general elaborar un diseño económico para el diseño de tejados de cerámicas con el empleo de un descarte industrial, empleando la metodología de investigación de diseño experimental, en donde se obtuvo como resultado Los ensayos de resistencia de flexión de la teja tipo B (Teja plana) fue de 185.9 kgf/cm<sup>2</sup> la norma indica que debe tener 70 kgf/cm<sup>2</sup> promedio de 5 tejas, en ambos ensayos la teja fabricada con el 15% polvo de acería, finalmente concluye indicando que el ecodiseño resultante en la presente investigación considera como principales aspectos ambientales la disminución de recursos (suelo-agua y energía), generando un beneficio económico y una considerable reducción al impacto sobre el medio ambiente. Los resultados arrojan que por cada teja de 1 kg fabricada con el 15% de polvo de acería se ahorra (150 gr de arcilla recurso suelo).

### **Antecedentes Nacionales**

Fernandez, (2019) en su tesis “Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en piñipampa – cusco, 2018” con la finalidad evaluar las características mecánicas y físicas de las tejas cerámicas de procesamiento manual y mecanizado en su combinación actual de materias primas y 5 % de ladrillo, que se producen en Piñipampa - Cusco, de acuerdo a requisitos de los reglamentos ecuatorianas para tejas; NTE INÉN. La metodología usada es tipo cuasi experimental, donde se realizó ensayos de cambio dimensional, resistencia a la flexión y absorción de agua. Resultados: La absorción de agua de las tejas artesanales fue de 15,4% y la de las tejas mecanizadas de 13,1%, la resistencia a la flexión de las tejas hechas a mano fue de 131,3 Kg y la de las tejas mecanizadas de 156,4 Kg/x, las dimensiones de las tejas hechas a mano fueron: largo 41,97 cm , ancho mayor a 18,50 cm, ancho menor a 15,68 cm, flecha mayor a 4,22 cm, flecha menor a 3,65 cm, y espesor 1,09 cm, las tejas mecanizadas son: 42,28 cm de largo,

18,43 cm de ancho, y 15,65 cm de ancho, la flecha mide más de 4,25 cm, la flecha mide menos de 3,41 cm y el grosor es de 1,05 cm. Se concluyó que las tejas producidas en la localidad de Piñipampa mediante técnicas tradicionales cumplen parcialmente con las condiciones y requisitos especificados por la norma NTE INEN. Es una teja mecanizada con mejor calidad que tejas similares hechas a mano.

García D., (2019) en su tesis denominado “Mejora del proceso de fabricación de tejas de barro y/o arcilla en la parroquia la victoria” El objetivo general es evaluar y determinar la durabilidad y resistencia mecánica de las tejas de hormigón fabricadas con residuos de ladrillos tras la exposición a agentes agresivos, empleando la metodología de tipo aplicada, diseño de estudio experimental, nivel descriptivo, enfoque de estudio cuantitativo. Teniendo como resultado un ensayo inicial de flexión de una teja de microcemento (teja artesanal) con composición de mezcla 2, luego de 14 días, resultando una resistencia de: 96, 105 y 119 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, para un reemplazo de 0, 10 y 20%. Después de la finalización de las pruebas de durabilidad, las tejas se prueban para la permeabilidad, un total de 6 tejas sometidas a esta prueba, de 3 a 28 días dentro de las 20 horas. Al final, concluyó que el uso de áridos finos reciclados a partir de residuos de la construcción, en la fabricación de ladrillos de microcemento, tiene un impacto en el producto terminado, y durante las pruebas, tanto el comportamiento mecánico como fisicoquímico dieron resultados positivos. Además, el agregado fino recuperado tiene buena adherencia. Cemento y agua, lo que indica que el agregado fino reciclado se puede utilizar para construcción de una variedad de productos como: ladrillos, adoquines, mortero, etc.

Hidalgo (2018) en su investigación denominada “Elaboración de teja utilizando como materia prima caucho reciclado” Su objetivo principal es utilizar un enfoque de diseño de experimentos para desarrollar baldosas a partir de polvo de caucho de neumáticos desechados, obtenido como resultado de una experiencia informal y solo para probar la altura especificada en la norma, que especifica que una bola de acero de 200 g de masa debe dejarse caer desde una altura de 25 cm con una a una altura de 50 cm, provocando la rotura del material ensayada, asegurándose de que la altura a la que se ensayó fue en exceso y no se cumplió la finalidad del ensayo, es decir, obtener roturas o desportilladuras en la superficie de la baldosa para evaluar la calidad de la mezcla utilizada, o más bien el proceso de su producción, la altura máxima de caída

libre definida en el reglamento es de 40 cm; Las tejas con el rendimiento más bajo fueron tejas a las que no se les añadió polvo de caucho, y después del inicio de la prueba, también se observaron gotas de agua, y se consideró que la superficie de la baldosa estaba 100 % húmeda. Las tejas con mejores resultados en este ensayo fueron las tejas con un polvo de caucho igual a 1:2:5, es decir, las tejas con mayor cantidad de árido fino a ensayar. En este caso, no cayeron gotas durante el período de prueba de 24 horas y la superficie de la baldosa estaba libre de más del 20 % de manchas de humedad, por lo que cumplió con los estándares al 100 %. Finalmente, concluyeron que la incorporación de polvo de caucho a la mezcla para la elaboración de losetas afectó el producto terminado y que el material agregado mostró un buen comportamiento de adherencia con cemento, arena y agua.

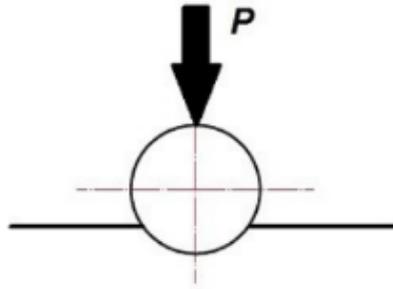
## **Bases teóricas**

### **Formación de suelos**

El proceso de formación de un suelo puede llegar a durar miles de años, ya que las rocas se disgregan en pequeñas partículas y se mezclan la materia orgánica descompuesta (Imseng et al, 2018). Debido a que las cantidades que los conforman no son homogéneas, en los suelos existen capas de estructura y componentes diferentes (Yang y Shang, 2019). Muchos autores como Ibraim et al (2018); Li et al (2022) y Fan et al (2022) refieren que los más grandes depósitos de suelos arcillosos pueden ser encontrados en las faldas de colinas o en suelos de uso agrícola que están cerca de cuerpos de agua dulce.

### **Endurecimiento de suelos**

Ledieu et al. (2022) aseguran que la principal causa de endurecimiento de los suelos es por compactación que se da por medio de la presión ejercida sobre el mismo. Asimismo, cabe señalar que existe endurecimiento causado por procesos químicos como la acidificación, salinización, entre otros. Sin embargo, el proceso más utilizado para cambiar las propiedades de los suelos, es el de la calcinación ya que a lo largo de los años ha sido muy difundido en la fabricación de materiales para la construcción (Castillo et al.,2015).



*Figura 1.* Diagrama de dureza de un material  
Fuente: (Castillo et al.,2015).

### **Endurecimiento de arcillas por calcinación**

Lavat, Trezza y Poggi (2009) señalan que el endurecimiento de suelos es posible debido a diversos factores, en el sector de la construcción, el más conocido es el método de la calcinación en arcillas. Este material es abundante, y muestra unas propiedades puzolánicas muy buenas por su composición química, su estructura amorfa y alta superficie específica. Una mayor reactividad puede ser alcanzada cuando el proceso de calcinación causa una deshidroxilación y deja como resultado a una arcilla colapsada y desordenada. Este material ha sido estudiado ampliamente, hasta asegurar que la temperatura de activación óptima esta entre 630-800°C (Li et al.,2022)

### **Calcinación de arcillas para la formación de tejas**

La obtención de tejas se logra a través de la cocción o calcinación de arcillas y otros componentes naturales, los cuales deben ser elegidos en función a la geografía del lugar en donde se fabrican, es decir, que las arcillas que las componen usualmente son ricas en óxido de hierro y por ello tienen una coloración rojiza luego de su calcinación, otras incluso antes y aumenta de manera gradual (Azebedo et al, 2020).



*Figura 2. Muestra de arcilla*

El proceso de calcinación inicia con la teja ya seca, a la cual se le somete a una temperatura alta durante un intervalo largo de tiempo en un horno diseñado específicamente para esta función (Mohammed,2017). De esta manera, el horno debe ser precalentado, luego colocar las tejas e iniciar el proceso de cocción en el que principalmente será eliminado todo el contenido de agua existente en la arcilla, esta humedad generada es removida ya que el aire es renovado constantemente, este proceso continúa hasta que la arcilla alcance su solidificación para, finalmente, ser expuesta a la temperatura ambiente y ser almacenada (Alonso-De la Garza et al, 2022).

### **Residuos de ladrillos artesanales**

La administración de residuos es un tema de suma importancia en el ámbito de fabricación de edificación y la gestión integral de residuos. Por lo tanto, en las últimas épocas, se han intercambiado ideas a las mejoras apropiadas que deben implementarse en la gestión de residuos RCD de la ciudad. Cualquier entidad que produzca, transporte, gestione, disponga o disponga de cualquier forma de este tipo de residuos (Pacheco et al, 2017).

### **Propiedades de los residuos de ladrillos artesanales**

#### **RCD aprovechables**

Según Anjum et al (2022) los residuos aprovechables son grava como: hormigón, cerámica, ladrillos, arena, grava, cantos rodados, bloques, fragmentos de roca, tejas y mortero); residuos con grado de fineza y no expansivos como: arcilla (caolín),

mucílago y residuos inertes, rara vez o nada de plástico; ejemplos de una amplia gama de residuos de grano fino: arcilla (montmorillonita) y lodos inertes con elevadas cantidades de finos de gran plasticidad, etc.

Reciclar y reutilizar ladrillos de producción defectuosa puede llevar a las nuevas construcciones a un escenario más sustentable al reducir el uso de recursos no renovables y el impacto ambiental negativo por el mal manejo de todos los residuos sólidos (Pérez, 2012).

Los escombros generados en la construcción se componen principalmente de residuos de hormigón, asfalto, bloques, arena, grava, ladrillos, tierra y lodo, los cuales representan hasta un 50% o más. Otro 20% a 30% suele ser madera y productos relacionados como espuma, marcos y tableros (Ahmad, Umar y Masood,2017). El restante 20% a 30% de los residuos son misceláneos, como metal, vidrio, asbesto, aislamiento, tuberías, aluminio y componentes eléctricos. Actualmente, se recuperan porcentajes muy bajos de estos (Otoko,2014)



*Figura 3.. Residuos de ladrillos*

La trituración es una operación física que se realiza principalmente en la industria minera para producir partículas más pequeñas que luego puedan ser utilizadas en procesos industriales (UICN, 2011 pág. 13). Si bien el diseño de la trituradora propuesta se utilizará en el sector de la construcción, se tendrán en cuenta diferentes tipos de trituradoras existentes (Peña, Terán y Builes-Jaramillo, 2018).

Una vez recibidos los residuos, se trasladan a un área de descarga para separación manual o mecánica de varios componentes, posteriormente triturados y compuestos

por chancador de mandíbula, triaje manual, sistema de tamizado y área de almacenamiento final con granulometría. Línea de separación. Fracción. Estos agregados pueden ser utilizados en la composición de bases, sub-bases y compuertas. (Castaño et al, 2013 pág. 125).

### **Dosificación y elaboración de tejas**

De acuerdo a De Souza et al. (2015) las cantidades para hacer un bloque de arcilla que consta de tres ingredientes, los ingredientes se mezclan con un 80% de masa (arcilla, tierra de cultivo y arena) y un 20% de agua en la mezcla, como se sugiere al diseñar la mezcla utilizando diagramas ternarios.

Además del aporte de la máquina, el proceso se puede realizar de manera continua, el tiempo de producción es corto, el esfuerzo físico es bajo y se desarrolla la correcta distribución del área para que el trabajador no se canse con esfuerzos innecesarios (Mamani, 2015). Hoy en día, el trabajo se realiza manualmente, por lo que puede aumentar su producción de baldosas con productos más compactos y de mayor calidad. (García, 2019 pág. 22).

### **Ensayos de laboratorio**

El desarrollo de ensayos de laboratorio son el desarrollo de pruebas para determinar propiedades de los materiales y así mismo el desarrollo de la infraestructura, en el día a día se presta más atención a cada proceso de la ingeniería civil con el fin de elaborar proyectos que satisfagan las necesidades de los usuarios y brinden servicios óptimos, seguros y confiables (Botía, 2015).

### **Límites de consistencia**

#### **• Limite líquido.**

Este límite se puede determinar con el ensayo de la cuchara de Casagrande, siendo uno de los principales valores utilizados para caracterizar los suelos finos en cuanto a su comportamiento, este ensayo se realiza con una muestra de suelo que debe cumplir con el requerimiento de pasar por el tamiz N° 40, es interpretado como el contenido de agua necesaria para que el suelo se convierta del estado plástico al líquido.

- **Límite plástico.**

El límite plástico es la cantidad de agua necesaria para que un suelo pase de estado plástico a estado semisólido, el ensayo se realiza sobre una porción de suelo que pase el tamiz N° 40.

- **Índice de plasticidad.**

El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

### **Absorción**

Según Aliabdo, Abd-Elmoaty y Hassan (2014) las tejas se dividen en dos categorías según su desempeño impermeable, permitiéndose el uso de tejas de categoría 2 solo en cubiertas donde las tejas se colocan sobre la capa impermeable. Es decir, no deja hermética la tarea del azulejo que es el techo hasta el material de cubierta final (Azevedo et al, 2020) . En este sentido, en este apartado se podrán ubicar baldosas antiguas. Estas baldosas usadas no tienen restricciones específicas y pueden usarse como un mero elemento estético y de acabado sin tener en cuenta la impermeabilidad (Dondi et al., 2009).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

De acuerdo al propósito de la investigación es *aplicada* esto debido a que el estudio se centraliza reciclar un tipo de material reciclado de la construcción de edificación para posteriormente utilizar en la elaboración de unidades de tejas ecológicas en la ciudad de Juliaca, en la cual se utilizara conceptos y teorías que se encuentran en el RNE. Esta investigación tiene como principal fin innovar a partir de los nuevos conocimientos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.98).

##### Método de investigación

En la presente investigación se adopta la metodología de *hipotético-deductivo* porque se realizaron afirmaciones de carácter general a situaciones específicas teniendo en consideración los elemento (Tamayo, 2002)

##### Diseño de investigación

Corresponde a un diseño *experimental*, por lo tanto, la variable independiente fue manipulada deliberadamente por la investigadora para medir su influencia en la variable dependiente (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Se siguió el esquema siguiente:

$$\mathbf{Gc (a): Y1 \rightarrow X \rightarrow Y2}$$

$$\mathbf{Ge (a): Y3 \rightarrow X' \rightarrow Y4}$$

**Gc:** Grupo control, sin adición de residuos de ladrillo.

**Ge:** Grupo experimental, con adición de residuos de ladrillo

**X:** Experimento

##### Nivel de investigación:

Los estudios cuantitativos de tipo relacional están especialmente vivos, lo que significa que tienen dos variables(Tamayo, 2002). La presente investigación es de nivel relacional, ya que la investigación relacional busca una relación entre dos variables y no busca una relación causal que tenga variables dependientes e independientes. Ambas variables tienen la misma jerarquía y ambas son analíticas.

## **3.2 Variables y Operacionalización**

### **Variables**

Una variable es una característica de interés ya que se quiere analizar su forma de comportarse en una investigación, es decir, que se busca una respuesta de cada indicador presente (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.59). De acuerdo a ello, se consideran las siguientes variables

**Variable independiente:** Residuos de ladrillos artesanales

#### **Definición conceptual**

Se considera a aquellos que los residuos de construcción y demolición se generan en zonas urbanas y no se clasifican como los denominados residuos municipales (residuos domésticos y comerciales) porque su composición es de materiales pétreos (Méndez et al., 2010).

#### **Definición operacional**

La variable independiente de residuos de ladrillo artesanal se operacionaliza por medio de sus dimensiones propiedades de los residuos de ladrillos artesanales y dosificación y las dimensiones por medio de sus indicadores.

**Variable dependiente:** Propiedades mecánicas de las tejas

#### **Definición conceptual**

Las tejas son las partes de un edificio que se techan para recibir y guiar el agua de lluvia, nieve o granizo. Hay otras formas de formar una cubierta, pero cuando es de teja, se llama techo (Ruiz, 2020).

#### **Definición operacional**

La variable dependiente, se operacionaliza mediante sus dimensiones: Límites de consistencia, resistencia a la flexión y permeabilidad, estas por medio de sus indicadores.

#### **Operacionalización**

La matriz de operacionalización de variables se detalla en el anexo 02 de la presente investigación.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Tamayo (2002) asegura que la definición de población implica un conjunto finito o infinito de componentes o elementos que se estudian, los cuales deben ser específicos en espacio, tiempo y finalidad de estudio. Debido a ello, la población se conformará por todas las unidades de tejas elaboradas y usadas en el sector construcción de la ciudad de Juliaca.

#### **Muestra**

Debido a lo antes mencionado, siendo la muestra una parte representativa que se extrae de la población en la cual se desarrollará el experimento (Tamayo, 2002). Entonces, se fabricaron 40 tejas para poder realizar los ensayos respectivos.

#### **Muestreo**

En cuanto al muestreo, se consideró el muestreo no probabilístico que da énfasis al criterio o juicio que tiene el investigador para tomar la muestra, es bastante usual que se use este tipo de muestreo en una investigación experimental como lo es ésta (Tamayo,2002, p.99).

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

“Esto incluye preguntar y crear un plan detallado para ayudar a recopilar la información que necesita. Este estudio utiliza métodos de recolección de datos, pruebas de laboratorio, análisis y explicación de los resultados” (Tamayo, 2002) En el presente estudio se utilizó la observación directa para recolectar datos suficientes, ya que el diseño es experimental con el fin de medir y observar, así entender sus causas y efectos.

#### **Instrumentos**

Se precisa que “Se observa que el uso de equipos de precisión se refiere a todos los datos y por lo tanto explica el propósito del estudio propuesto” (Tamayo, 2002).

Por lo tanto, las herramientas utilizadas consisten en modelos de registro de datos, equipos, herramientas experimentales y software de computadora para el procesamiento de datos.

## Validez

Esto implica asegurarse de que el resultado sea el resultado de una variable independiente, no el resultado de otras condiciones intermedias que deben controlarse. (Tamayo, 2002)

La evaluación de tres (03) Expertos con muchos años de experiencia demostrará la fiabilidad de esta investigación. Ver anexo 04.

## Confiabilidad

“La confiabilidad, también conocida como precisión, corresponde a la medida en que no hay error de medición en el puntaje de la medición. Es decir, si las medidas se repiten bajo ciertas condiciones, deberían ser similares” (Sánchez, 2019). La confiabilidad de este estudio incluyó los certificados de laboratorio utilizados en las pruebas. Además, se elaboraron los respectivos formatos de validación de instrumentos, que se muestran en los anexos, en función a ciertos ítems. Luego de que cada experto haya realizado su valoración en la escala de Likert se muestran los resultados en la tabla 3.

**Tabla 1:** Resultados del juicio de expertos.

Ítems	Experto 1	Experto 2	Experto 3
1.Análisis granulométrico	4	4	5
2.Límite líquido	5	5	5
3.Límite plástico	5	5	5
4.Índice de plasticidad	5	5	4
5.Resistencia a la flexión	5	5	5
6.Absorción	5	5	5

Fuente: Propia

Ya teniendo los resultados, se hizo uso del coeficiente alfa ( $\alpha$ ) para evaluar la confiabilidad del instrumento, aplicando la fórmula del alfa de Cronbach ya que se usó la escala de LÍkert (politémica).

$$\alpha = \frac{k}{k - 1} \left( 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right)$$

Dónde:

$\alpha$  : Coeficiente de alfa de Cronbach

$k$  : El número de ítems

$\sum s_i^2$  : Sumatoria de varianza de los ítems

$s_t^2$  : Varianza de la suma de los ítems

Considerando los datos obtenidos en la validación realizada, se aplica la fórmula:

$$\alpha = \frac{6}{6 - 1} \left( 1 - \frac{0.139^2 + 0.139^2 + 0.139^2}{0.583^2} \right) = 0.959 = 95.9\%$$

Finalmente, se contrasta el resultado de alfa con la tabla 2. En función a ello, 0.959 se encuentra dentro del rango Muy Alta.

**Tabla 2.** Calificación y confiabilidad en la investigación.

Rangos	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy Baja

Fuente: (Hernández, Fernandez y Baptista, 2019).

### 3.5 Procedimientos

En primer lugar, se realizó la recolección de los residuos sólidos de ladrillo artesanal, Una cantidad cuidadosa para su procesamiento en estado triturado para su posterior análisis en el laboratorio. El ensayo a realizar es un ensayo de distribución del tamaño de partícula. Una vez finalizados todos los ensayos y con los resultados, se inicia la combinación de materiales para la fabricación del conjunto de tejas. Cada uno de estos procesos serán detallados a continuación:

## Obtención de ladrillos artesanales

Los residuos de ladrillos artesanales se obtuvieron a partir de una recolección de los fabricantes de ladrillo artesanal, que desechan ladrillos por alguna deficiencia presentada, y de varios lugares en las periferias de la ciudad en los que las personas desechan los restos producidos por demolición de viviendas, tal como se puede apreciar en la figura 4 y 5.



*Figura 4.* Demolición de vivienda en Juliaca



*Figura 5.* Recolección de ladrillos desechados

Después de la recolección, los desechos de ladrillo se llevaron al lugar en que serán procesados para la fabricación de las nuevas tejas, como se observa en la figura 6:



*Figura 6. Traslado al lugar de producción*

### **Proceso de trituración**

Para llevar a cabo la trituración de los ladrillos a reciclar, en primer lugar, se hizo una previa trituración manual para que su trituración en la máquina sea mucho más fácil, esto se hizo con la ayuda de una herramienta manual, se puede observar en la figura 7



*Figura 7. Trituración con uso de herramienta manual*

Luego de la trituración manual, se sigue con la trituración en máquina con el fin de reducir los trozos a polvo, para su posterior dosificación de 5, 10 y 15% de desechos de ladrillo. Cabe resaltar, que este procedimiento estuvo a cargo de un personal calificado y con experiencia en el uso de esta máquina, además se realizó con la respectiva protección respiratoria ya que las partículas de polvo son tan pequeñas que resultan ser volátil. En la figura 8 se muestra a la maquina trituradora.



*Figura 8.* Trituración con uso de maquina moledora

Al final, se obtuvo el polvo producto de la trituración o molienda. El cual se dividió en función a las tandas producidas, debido a la capacidad de la máquina, como se ve en la figura 9.



*Figura 9.* Polvo producido a partir de desechos de ladrillo

Luego, se realizó el mismo proceso de trituración para las arcillas, que son materia prima de las tejas. Esto se realiza porque las arcillas, generalmente se aglomeran en terrones, como se puede ver en las figuras 10 y 11.



*Figura 10. Terrones de arcilla roja*



*Figura 11. Terrones de arcilla blanca*

### **Proceso de fabricación de tejas**

Ya completada la trituración de los insumos a utilizar en la fabricación de tejas, se procede a adicionarle una cantidad de agua para lograr una pasta homogénea. En la figura 12 se puede observar que para producir dicha pasta se hizo uso de una maquina especializada en ello:



*Figura 12.* Fabricación de la pasta para elaborar tejas

Una vez obtenida la pasta, se almacena cubierta con plástico con el fin de que la mezcla se homogenice y sea fácilmente moldeada. En la figura 13 es posible ver que se formaron diferentes grupos de pasta debido al porcentaje de ladrillo reciclado que se incorporó (5,10 y 15 %).



*Figura 13.* Almacenaje de pasta húmeda

Cuando la pasta ya estuvo lo suficientemente homogénea, se inició con el moldeado de las tejas, para lo cual se utilizó un molde metálico, esto es visible en la figura 14.



*Figura 14. Moldeado de tejas*

Cuando las tejas ya están elaboradas, se almacenan durante una semana y de manera ordenada en andamios, para que no sufran algún desperfecto. Por ningún motivo deben apilarse una sobre otra. Como se ve en la figura 15



*Figura 15. Almacenaje de tejas en andamios*

Después de los 7 días de reposo, las tejas fueron llevadas al horno, en el que alcanzaron su consistencia y resistencia final, esto se observa en la figura 16. Es importante señalar que se controló la temperatura de los hornos utilizados, tal y como se muestra en la figura 17

16.



Figura  
Horno  
para la

cocción de tejas



Figura 17. Control de temperatura de horno

Finalmente, las tejas fueron sacadas del horno y ya se pudieron apilar para su posterior traslado al laboratorio, es posible apreciar dichas tejas en la figura 18



Figura 18. Extracción de tejas del horno

## Ensayos de laboratorio

Para esta investigación se requirió efectuar ciertos ensayos de laboratorio. Para lo cual, lo primero que se hizo fue llevar una cantidad suficiente de muestra de arcillas que fueron materia prima de las tejas, como se aprecia en la figura 19.



Figura 19. Acarreo de muestra de arcillas

Ya en el laboratorio, se hizo la separación de muestras según lo planeado: muestra natural o patrón y las adiciones de 5%, 10% y 15% de residuos de ladrillo artesanal, como se ve en la figura 20.



Figura 20. Separación de muestras de arcillas y residuos de ladrillo

Luego, se realizaron los ensayos correspondientes sobre el material para elaboración de tejas, el ensayo de granulometría y de límites de consistencia para cada tipo de muestra, como se aprecia en la figura 21 y 22.



Figura 21. Ensayo de granulometría



Figura 22. Ensayos de límites de consistencia

Después de haber realizado la caracterización del material utilizado, se procedió a efectuar los ensayos sobre las tejas. Como se muestra en la figura 23



Figura 23. Ensayo de resistencia a la flexión de tejas

Asimismo, se realizó el ensayo de absorción en tejas, como se aprecia en la figura 24.



*Figura 24.* Ensayo de absorción de tejas

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para realizar el análisis de datos que fueron recopilados luego de los diversos ensayos, se utilizaron tablas de comparación, gráficos estadísticos para explicar las variables y sus dimensiones, para ello se usó el software llamado Excel y asegurar que los datos sean exactos para analizarlos y finalmente escribir las conclusiones.

### **3.7 Aspectos éticos**

El derecho de autoría del estudio, es inalienable y de titularidad permanente del autor. Contenido desarrollado en varios capítulos, se respetan las citas de acuerdo a la teoría escrita, conceptos debidamente detallados en referencias bibliográficas establecidas por universidades con títulos delimitados, autores de cada estudio mencionado, Cumple con el año y normas ISO-690, además del número de páginas para las cuales se obtuvo información, el trabajo realizado en campo se clasifica para uso exclusivo en este estudio.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Límites de consistencia del material usado para elaborar tejas

En lo concerniente a los límites de consistencia, se presentan los resultados de cada uno de los ensayos siguiendo las normas ASTM- D424, ASTM-4318 y AASHTO-T90. Además, es posible visualizarlos por completo en el apartado de Anexos.

#### Límite líquido:

En las tablas 3,4,5 y 6 se puede observar los datos necesarios para la obtención del límite líquido del material utilizado para la fabricación de tejas. Cabe resaltar que, existe una diferencia entre los resultados de cada tabla debido a la adición de los residuos de ladrillos artesanales, como se aprecia a continuación:

**Tabla 3:** Límite líquido de la muestra patrón.

<b>ADICIÓN DE 0% DE RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES</b>			
Tarro N°		O	P
Suelo húmedo + tarro	gr	37.96	37.19
Suelo seco + tarro	gr	32.28	32.26
Peso del tarro	gr	24.04	25.08
Peso del agua	gr	5.68	4.93
Peso del suelo seco	gr	8.24	7.18
Humedad	%	68.93	68.66
N° de golpes		26	26
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>%</b>	<b>69.12</b>	

Fuente: Propia

**Tabla 4:** Límite líquido de la muestra con adición de 5.%

<b>ADICIÓN DE 5% DE RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES</b>			
Tarro N°		Q	R
Suelo húmedo + tarro	gr	40.98	40.38
Suelo seco + tarro	gr	34.25	33.95
Peso del tarro	gr	24.4	24.53
Peso del agua	gr	6.73	6.43
Peso del suelo seco	gr	9.85	9.42
Humedad	%	38.32	68.26
N° de golpes		23	23
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>%</b>	<b>67.61</b>	

Fuente: Propia

**Tabla 5:** Límite líquido de la muestra con adición de 10.%

<b>ADICIÓN DE 10% DE RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES</b>			
Tarro N°		Ñ	S
Suelo húmedo + tarro	gr	41.06	38.15
Suelo seco + tarro	gr	34.53	30.21
Peso del tarro	gr	24.85	18.42
Peso del agua	gr	6.53	7.94
Peso del suelo seco	gr	9.68	11.79
Humedad	%	67.46	67.35
N° de golpes		25	25
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>%</b>	<b>67.4</b>	

Fuente: Propia

**Tabla 6:** Límite líquido de la muestra con adición de 15.%

<b>ADICIÓN DE 15% DE RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES</b>			
Tarro N°		Y	Z
Suelo húmedo + tarro	gr	38.97	36.82
Suelo seco + tarro	gr	32.86	31.21
Peso del tarro	gr	23.33	22.75
Peso del agua	gr	6.11	5.61
Peso del suelo seco	gr	9.53	8.46
Humedad	%	64.11	66.31
N° de golpes		29	29
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>%</b>	<b>66.39</b>	

Fuente: Propia

En la tabla 7, se muestran datos con el fin de comparar los resultados de los ensayos realizados en la muestra patrón y las muestras con 5%,10 y 15% de adición de residuos de ladrillo artesanal.

**Tabla 7:** Resumen de los resultados de límite líquido

<b>Porcentaje de adición de ladrillo artesanal</b>	<b>Límite Líquido (%)</b>
0%	69.12
5%	67.61
10%	67.40
15%	66.39

Fuente: Propia

Asimismo, es posible mostrar dichos resultados de manera grafica , como se observa en la figura 25

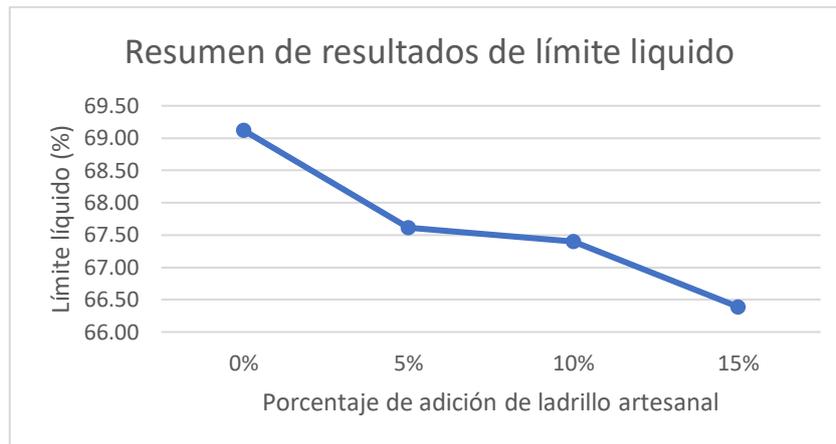


Figura 25. Resumen de resultados del ensayo de límite líquido

A partir del resumen anterior y su respectiva gráfica, es posible afirmar que a medida que la adición de residuos de ladrillos artesanales va en aumento, el límite líquido disminuye. Esto indica que la cantidad de agua retenida va disminuyendo, por lo que la muestra de suelo es menos susceptible a cualquier cambio en la humedad del suelo; lo cual podría deberse a que el ladrillo ya pasó por un proceso de endurecimiento por calcinación que hizo que sus partículas no sean muy influenciadas por la presencia de agua.

### Límite plástico:

En las tablas 8,9,10 y 11 se puede observar los datos necesarios para la obtención del límite plástico del material utilizado para la fabricación de tejas. Cabe resaltar que, existe una diferencia entre los resultados de cada tabla debido a la adición de los residuos de ladrillos artesanales, como se aprecia a continuación:

Tabla 8: Límite plástico de la muestra patrón.

ADICIÓN DE 0% DE RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES			
Tarro N°		O	P
Suelo húmedo + tarro	gr	16.29	17.15
Suelo seco + tarro	gr	14.94	15.63
Peso del tarro	gr	10.2	10.21
Peso del agua	gr	1.35	1.52
Peso del suelo seco	gr	4.74	5.42
Humedad	%	28.48	28.04
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	<b>%</b>	<b>28.26</b>	

Fuente: Propia

**Tabla 9:** Límite plástico de la muestra con adición de 5.%

<b>ADICIÓN DE 5% DE RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES</b>			
Tarro N°		Q	R
Suelo húmedo + tarro	gr	16.72	17.23
Suelo seco + tarro	gr	15.39	15.89
Peso del tarro	gr	10.63	10.99
Peso del agua	gr	1.33	1.34
Peso del suelo seco	gr	4.76	4.9
Humedad	%	27.94	27.35
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	<b>%</b>	<b>27.64</b>	

Fuente: Propia

**Tabla 10:** Límite plástico de la muestra con adición de 10%

<b>ADICIÓN DE 10% DE RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES</b>			
Tarro N°		Ñ	S
Suelo húmedo + tarro	gr	18.73	16.75
Suelo seco + tarro	gr	16.86	15.44
Peso del tarro	gr	10.26	10.7
Peso del agua	gr	1.87	1.31
Peso del suelo seco	gr	6.6	4.74
Humedad	%	28.33	27.64
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	<b>%</b>	<b>27.61</b>	

Fuente: Propia

**Tabla 11:** Límite plástico de la muestra con adición de 15.%

<b>ADICIÓN DE 15% DE RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES</b>			
Tarro N°		Y	Z
Suelo húmedo + tarro	gr	17.96	17.48
Suelo seco + tarro	gr	16.45	15.65
Peso del tarro	gr	11	8.96
Peso del agua	gr	1.51	1.83
Peso del suelo seco	gr	5.45	6.69
Humedad	%	27.71	27.35
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	<b>%</b>	<b>27.53</b>	

Fuente: Propia

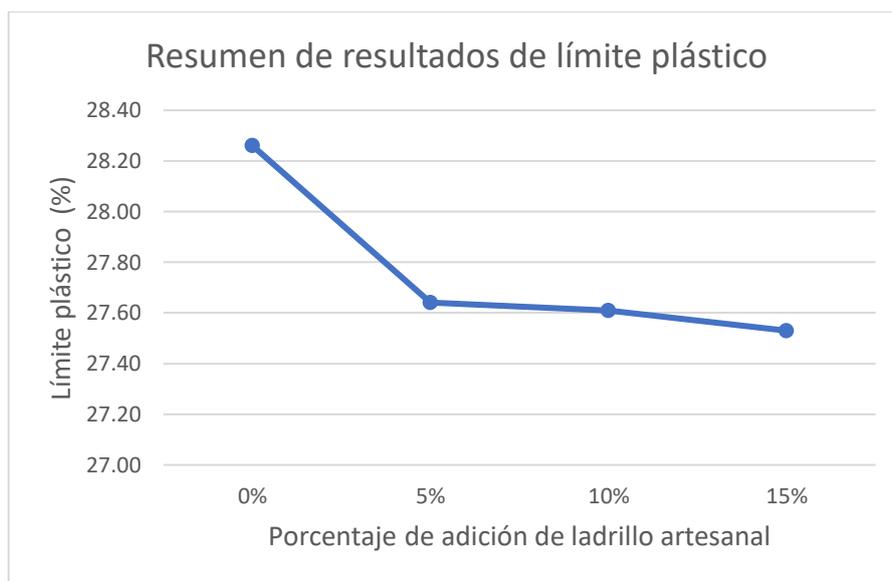
En la tabla 12, se muestran datos con el fin de comparar los resultados de los ensayos realizados en la muestra patrón y las muestras con 5%,10 y 15% de adición de residuos de ladrillo artesanal.

**Tabla 12:** Resumen de los resultados de límite plástico

Porcentaje de adición de ladrillo artesanal	Límite Plástico (%)
0%	28.26
5%	27.64
10%	27.61
15%	27.53

Fuente: Propia

Asimismo, es posible mostrar dichos resultados de manera gráfica, como se observa en la figura 26:



*Figura 26.* Resumen de resultados del ensayo de límite plástico

A partir del resumen anterior y su respectiva gráfica, es posible afirmar que a medida que la adición de residuos de ladrillos artesanales va en aumento, el límite plástico disminuye. Sin embargo, se ve una clara diferencia entre el 0% y el 5%, mas no entre el 5 y 10 %, lo cual implicaría que su comportamiento plástico no varía muy significativamente.

### **Índice de plasticidad**

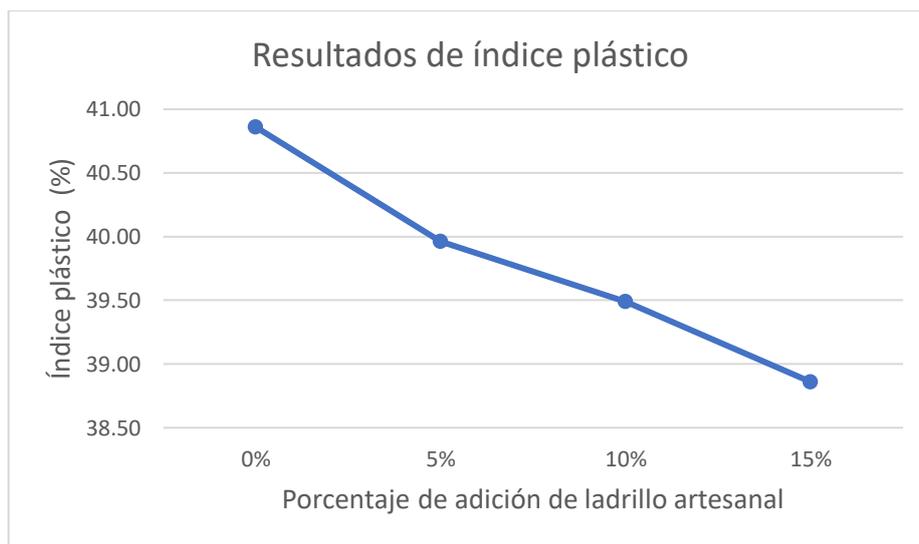
En la tabla 13, se muestran datos con el fin de comparar los resultados de los ensayos realizados en la muestra patrón y las muestras con 5%,10 y 15% de adición de residuos de ladrillo artesanal.

**Tabla 13:** Resultados de índice plástico

Porcentaje de adición de ladrillo artesanal	Índice plástico (%)
0%	40.86
5%	39.96
10%	39.49
15%	38.86

Fuente: Propia

Además, es posible mostrar dichos resultados de manera gráfica, como se observa en la figura 27



*Figura 27.* Resultados del índice plástico

A partir de la tabla anterior y su respectiva gráfica, es posible afirmar que a medida que la adición de residuos de ladrillos artesanales va en aumento, el índice plástico disminuye hasta un 5.1%. Esto indica que las características plásticas del material disminuyen; lo cual podría deberse a que el ladrillo ya pasó por un proceso de endurecimiento por calcinación que hizo que ese material sea más rígido. Sin embargo, esta disminución no es radical, ya que, el material sigue siendo muy plástico por componerse en su mayoría por arcilla natural.

#### **4.2 Resistencia a la flexión de las tejas**

En las tablas 14, 15, 16 y 17 es posible visualizar los resultados de los ensayos de resistencia a la flexión realizados sobre las tejas. Para llevar a cabo dichos ensayos, se tomó como referencia la norma ecuatoriana INEN 988, con una muestra de 5 tejas

por cada porcentaje de adición de residuos de ladrillos artesanales, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 14:** Resistencia a la flexión de tejas – 0% adición de ladrillo artesanal

N° de Muestra	Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	158.74
2	142.00
3	177.58
4	191.84
5	170.53

Fuente: Propia

**Tabla 15:** Resistencia a la flexión de tejas – 5% adición de ladrillo artesanal

N° de Muestra	Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	142.58
2	235.57
3	224.11
4	204.27
5	256.03

Fuente: Propia

**Tabla 16:** Resistencia a la flexión de tejas – 10% adición de ladrillo artesanal

N° de Muestra	Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	254.94
2	231.10
3	223.94
4	246.74
5	248.91

Fuente: Propia

**Tabla 17:** Resistencia a la flexión de tejas – 15% adición de ladrillo artesanal

N° de Muestra	Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	242.19
2	256.85
3	276.63
4	285.70
5	275.11

Fuente: Propia

Para poder apreciar mejor el comportamiento de la resistencia a la flexión en tejas, en la tabla 18 se presenta un resumen del promedio de los resultados, tanto par la

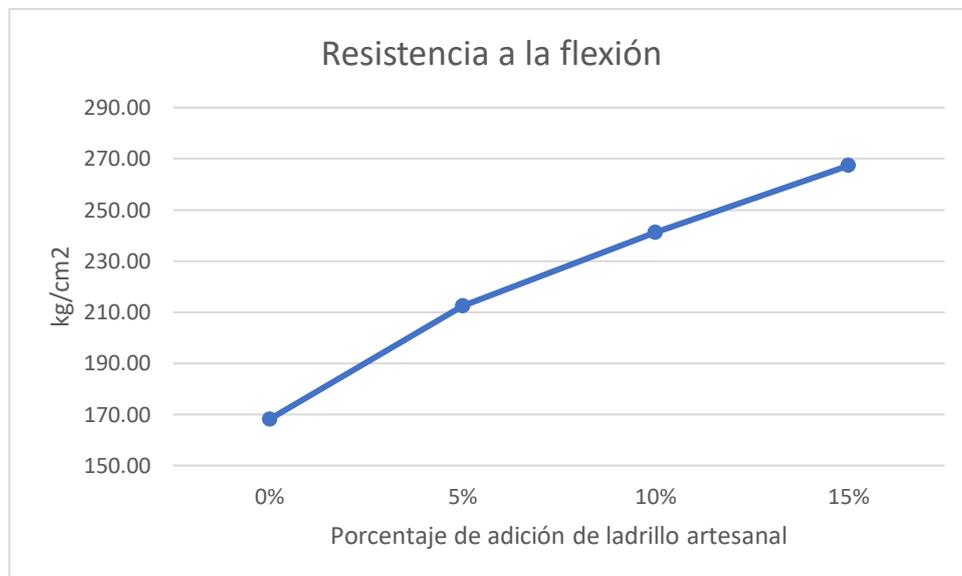
muestra patrón como para los porcentajes de adición de 5%, 10% y 15% de ladrillo artesanal.

**Tabla 18:** Resultados promedio de la resistencia a la flexión de tejas

Porcentaje de adición de ladrillo artesanal	Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0%	168.14
5%	212.51
10%	241.13
15%	267.30

Fuente: Propia

Además, es posible mostrar dichos resultados de manera gráfica, como se observa en la figura 28.



*Figura 28.* Resultados promedio de resistencia a la flexión de tejas

Después de analizar la tabla anterior y su respectiva gráfica, es posible señalar que a medida que la adición de residuos de ladrillos artesanales va en aumento, la resistencia a la flexión aumenta hasta un 59 %, lo cual es un porcentaje significativo. Esto indica que el material estudiado soporta fuerzas aplicadas perpendicularmente a su eje longitudinal antes de llegar a la rotura, es decir, que a medida que se adiciona un mayor porcentaje de ladrillo artesanal, la teja es más resistente; lo cual podría deberse a que el ladrillo ya pasó por un proceso de endurecimiento por calcinación que hizo que ese material sea más resistente.

### 4.3 Absorción de las tejas

En las tablas 19, 20, 21 y 22 es posible visualizar los resultados de los ensayos de absorción realizados sobre las tejas. Para llevar a cabo dichos ensayos, se tomó como referencia la norma ecuatoriana INEN 989, con una muestra de 5 tejas por cada porcentaje de adición de residuos de ladrillos artesanales, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 19:** Resultados de absorción de tejas – 0% adición de ladrillo artesanal

N° de Muestra	Absorción (%)
1	19.70
2	13.57
3	13.48
4	18.55
5	15.14

Fuente: Propia

**Tabla 20:** Resultados de absorción de tejas – 5% adición de ladrillo artesanal

N° de Muestra	Absorción (%)
1	14.17
2	13.82
3	12.61
4	13.82
5	15.14

Fuente: Propia

**Tabla 21:** Resultados de absorción de tejas – 10% adición de ladrillo artesanal

N° de Muestra	Absorción (%)
1	15.87
2	15.32
3	17.07
4	15.57
5	17.46

Fuente: Propia

**Tabla 22:** Resultados de absorción de tejas – 15% adición de ladrillo artesanal

N° de Muestra	Absorción (%)
---------------	---------------

1	12.03
2	10.46
3	12.96
4	10.06
5	11.01

Fuente: Propia

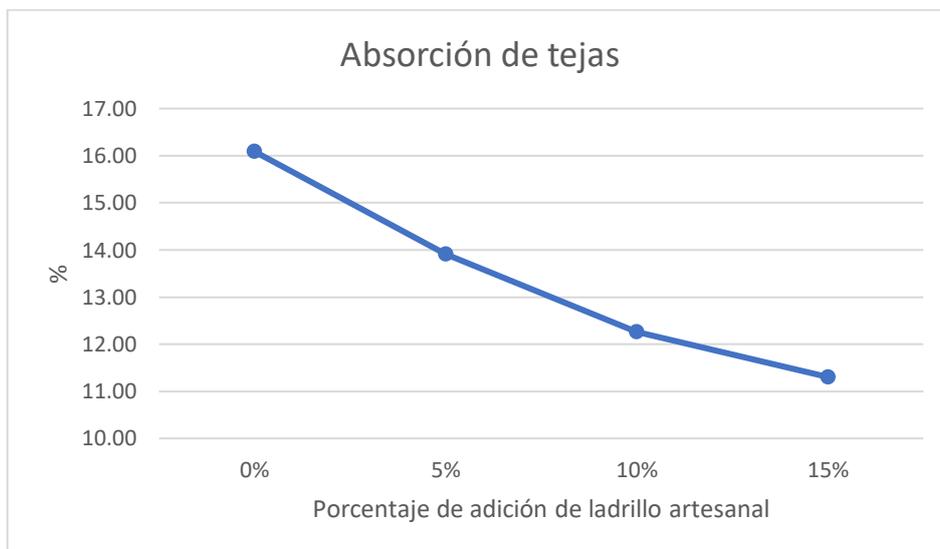
Por consiguiente, con el fin de poder apreciar mejor el comportamiento de la absorción en tejas, en la tabla 23 se presenta un resumen del promedio de los resultados, tanto para la muestra patrón como para los porcentajes de adición de 5%, 10% y 15% de ladrillo artesanal.

**Tabla 23:** Resultados promedio de la absorción de tejas

Porcentaje de adición de ladrillo artesanal	Absorción (%)
0%	16.09
5%	13.91
10%	12.26
15%	11.30

Fuente: Propia

Además, es posible mostrar dichos resultados de manera gráfica, como se observa en la figura 29



*Figura 29.* Resultados promedio de absorción de tejas

Luego de analizar la tabla anterior y su respectiva gráfica, se pudo confirmar que a medida que la adición de residuos de ladrillos artesanales va en aumento, la absorción

disminuye hasta un 29.7 %, lo cual es un porcentaje significativo. Esto indica que las tejas con mayor adición de ladrillo artesanal absorben menos agua, por lo tanto, al ser un material utilizado en coberturas de edificaciones, su comportamiento es mejor ante la precipitación pluvial. Esto se relaciona con el proceso de endurecimiento por calcinación del ladrillo que hizo a este material menos permeable.

#### 4.4 Contrastación de hipótesis

Para realizar la correspondiente contrastación, se analizó cada hipótesis independientemente, de la siguiente manera:

##### 4.4.1 Contrastación de hipótesis 1

Para esta hipótesis se utilizó el método ANOVA ya que se compararon las medias entre los 4 grupos que fueron estudiados, en otras palabras, el grupo muestra patrón (0%), la muestra experimental 1 (adición de 5 % de ladrillo artesanal), la muestra experimental 2 (adición de 10 % de ladrillo artesanal) y la muestra experimental 3 (adición de 15 % de ladrillo artesanal).

**Hipótesis 1:** Con la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas para viviendas rurales, existe un cambio en los límites de consistencia del material utilizado.

El análisis de la hipótesis 1 se hizo en función a la tabla 24 de límites de consistencia (índice plástico)

**Tabla 24:** Resultados de Límites de consistencia - Índice plástico

% de adición de ladrillo artesanal	Índice plástico (%)
0%	40.86
5%	39.96
10%	39.49
15%	38.86

Fuente: Propia

Después, fue posible plantear la hipótesis nula y la alterna

$H_0 = L_c = 40.86 \%$  : Los límites de consistencia del grupo muestral son iguales a la muestra patrón.

$H_a = L_c \neq 40.86\%$  : Los límites de consistencia del grupo muestral no son iguales a la muestra patrón.

De esta manera, se consideró 40.86% como la media de referencia, debido a que es el resultado de índice de plasticidad que corresponde a la muestra patrón (0% de adición de ladrillo artesanal)

De la misma forma se definió en el software MINITAB 19, como se ve en la figura 30 que está a continuación:

Método	
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$	
<i>Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.</i>	

Figura 30. Planteamiento de hipótesis - Anova

Para luego realizar el análisis de varianza, como se aprecia en la figura 31

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	3154.96	3154.96	40.83	0.000

Figura 31. Análisis de varianza - Anova

Para la contrastación de hipótesis se utiliza un valor de P, por lo que si:

$Valor P > Nivel de significancia \rightarrow Se acepta la H_0 y se rechaza la H_a$

$Valor P < Nivel de significancia \rightarrow Se rechaza la H_0 y se acepta la H_a$

El nivel de error es del 5% y el nivel de confianza es del 95%

$$(\alpha = 5\% = 0.05)$$

De esta manera, el valor de P en la figura 31 no sobrepasa el nivel de significancia, es decir, no es mayor a 0.05.

Después, el análisis de medias como se ve en la figura 32:

Medias			
Factor	N	Media	Desv.Est. IC de 95%
Índice plástico (%)	4	39.793	0.842 (39.062; 40.523)

Figura 32. Análisis de medias - Anova

En la gráfica 33 se aprecia la diferencia entre medias de los resultados de índice plástico.

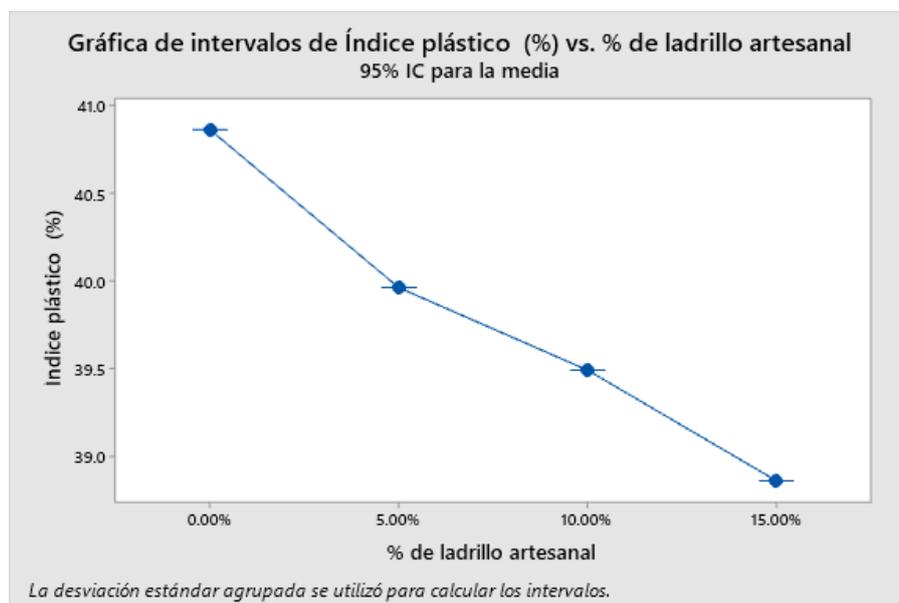


Figura 33. Gráfica de intervalos de índice plástico - Anova

## Decisión

A partir de los datos obtenidos por el software, se puede señalar que el valor P (0.000) es menor al nivel de significancia  $\alpha$ : 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula. A su vez, el valor F: 40.83 muy diferente de 1, se confirma la alta significancia de la diferencia entre media.

### 4.4.2 Contrastación de hipótesis 2

Para esta hipótesis se utilizó el método t- student ya que se compararon los resultados entre el grupo de muestras patrón y los otros 3 restantes (adición de 5 % de ladrillo artesanal, 10 % de ladrillo artesanal y 15 % de ladrillo artesanal). bajo la premisa de que el indicador (Resistencia a la flexión) aumenta.

**Hipótesis 2:** La resistencia a la flexión de tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales, aumenta.

El análisis de la hipótesis se hizo en función a la tabla 25 de datos de resistencia a la flexión ( $M_r$ ) de las tejas:

**Tabla 25:** Resultados de resistencia a la flexión de tejas

% de adición de ladrillo artesanal	Resistencia a la flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )
0%	168.14
5%	212.51
10%	241.13
15%	267.30

Fuente: Propia

Después, es posible plantear la hipótesis nula y la alterna:

$H_0 = M_r = 168.14 \text{ kg/cm}^2$  : La resistencia a la flexión del grupo muestral es igual a la muestra patrón.

$H_a = M_r > 168.14 \text{ kg/cm}^2$  : La resistencia a la flexión del grupo muestral es mayor a la muestra patrón.

De la misma forma se definió en el software MINITAB 19. Se consideró un nivel de confianza de 95%, nivel de significancia del 5% y una media de 168.14 kg/cm<sup>2</sup> debido a que fue el promedio de los resultados de la resistencia a la flexión en la muestra patrón.

Se calcula la media para los porcentajes de adición de 5%, 10% y 15%:

$$\bar{x}_{5\%} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{1062.56}{5} = 212.51$$

$$\bar{x}_{10\%} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{1205.63}{5} = 241.13$$

$$\bar{x}_{15\%} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{1336.48}{5} = 267.30$$

Calculando la desviación estándar para los porcentajes de adición de 5%, 10% y 15%:

$$\sigma_{5\%} = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = 43.40$$

$$\sigma_{10\%} = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = 13.03$$

$$\sigma_{15\%} = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = 17.51$$

En la figura 34 se aprecia el resumen de los resultados de estadísticas descriptivas:

<b>Estadísticas descriptivas</b>					
<b>Muestra</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>Límite inferior de 95% para <math>\mu</math></b>
Resistencia a la flexión -5%	5	212.5	43.4	19.4	171.2
Resistencia a la flexión -10%	5	241.13	13.03	5.83	228.71
Resistencia a la flexión -15%	5	267.30	17.51	7.83	250.60

*$\mu$ : media de Resistencia a la flexión -5%; Resistencia a la flexión -10%; Resistencia a la flexión -15%*

Figura 34. Resumen de estadísticas descriptivas – hipótesis 2

Luego, se calcula el valor de t para los porcentajes de adición de 5%, 10% y 15%:

$$t_{5\%} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{212.5 - 168.14}{\frac{43.4}{\sqrt{5}}} = 2.29$$

$$t_{10\%} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{241.13 - 168.14}{\frac{13.03}{\sqrt{5}}} = 12.53$$

$$t_{15\%} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{267.3 - 168.14}{\frac{17.51}{\sqrt{5}}} = 12.66$$

En la figura 35 se aprecia el resumen de los resultados de valor t y p:

### Prueba

Hipótesis nula  $H_0: \mu = 168.14$

Hipótesis alterna  $H_1: \mu > 168.14$

Muestra	Valor T	Valor p
Resistencia a la flexión -5%	2.29	0.042
Resistencia a la flexión -10%	12.53	0.000
Resistencia a la flexión -15%	12.66	0.000

Figura 35. Resumen de valor t – hipótesis 2

Para la contrastación de hipótesis se utiliza un valor de P, por lo que si:

*Valor P > Nivel de significancia* → *Se acepta la H0 y se rechaza la Ha*

*Valor P < Nivel de significancia* → *Se rechaza la H0 y se acepta la Ha*

Como ya se mencionó, el nivel de error es del 5% y el nivel de confianza es del 95%

$$(\alpha = 5\% = 0.05)$$

De esta manera, ninguno de los valores P hallados en la figura 35 sobrepasa el nivel de significancia, es decir ninguno es mayor a 0.05.

A continuación, se presentan las gráficas de distribución para los porcentajes de adición de 5%, 10% y 15%, en las figuras 36,37 y 38 respectivamente.

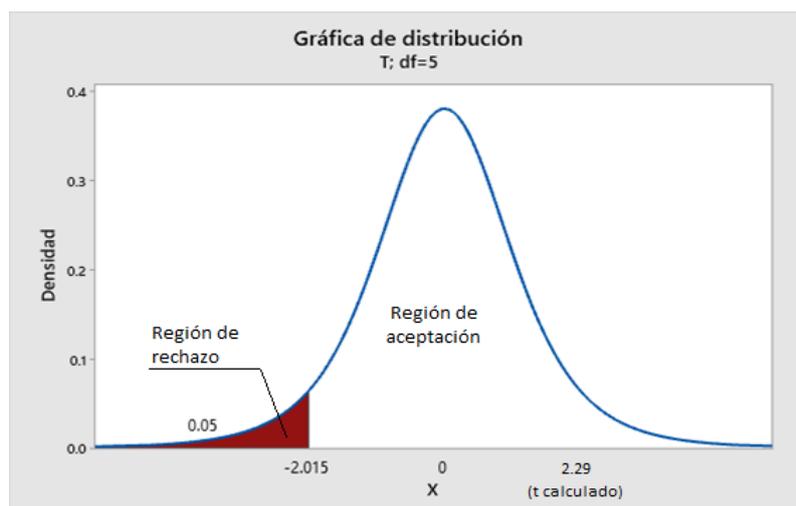


Figura 36. Gráfica de distribución valor t de 5% de adición de ladrillo – H 2

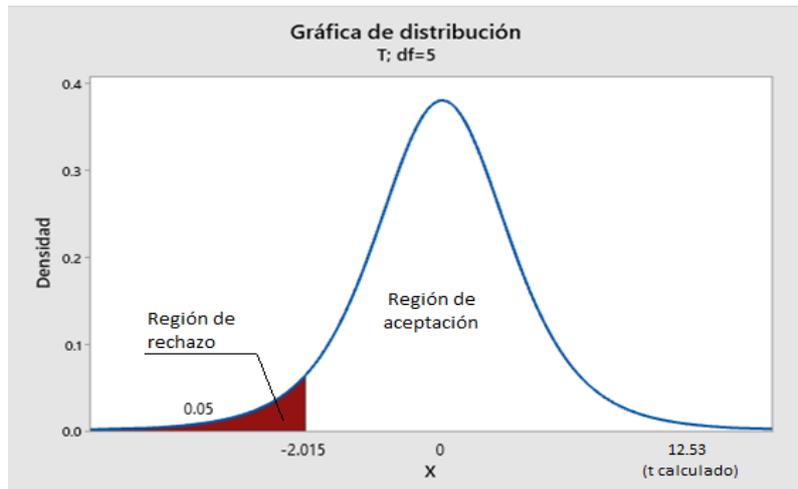


Figura 37. Gráfica de distribución valor t de 10% de adición de ladrillo – H 2

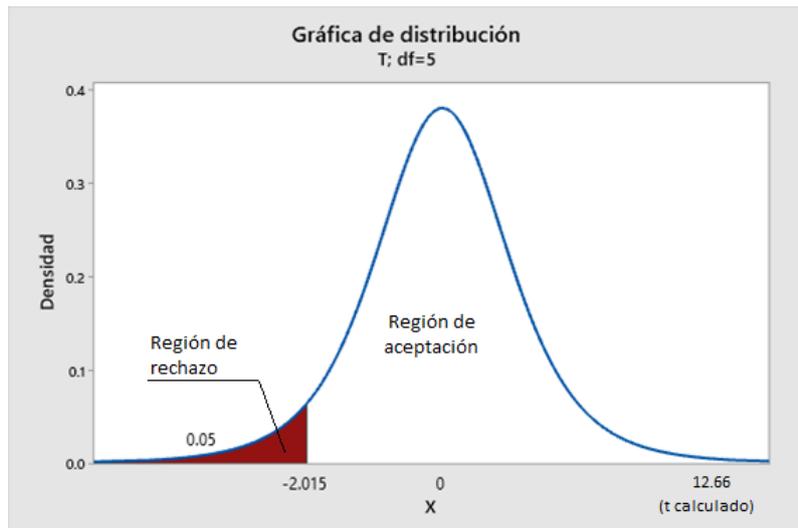


Figura 37. Gráfica de distribución valor t de 15% de adición de ladrillo – H 2

Los datos t hallados se han encontrado dentro de la zona de rechazo de la  $H_0$ .

### Decisión

Los datos resultantes de  $t = 2.29$ ,  $t = 12.53$  y  $t = 12.66$  respecto a la resistencia a la flexión de las tejas se encuentran en la región de aceptación, lo que confirma la aceptación de la hipótesis alterna y el rechazo la hipótesis nula. Entonces, se afirma que la resistencia a la flexión de tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales, AUMENTA.

#### 4.4.2 Contrastación de hipótesis 3

Para esta hipótesis se utilizó el método t- student ya que se compararon los resultados entre el grupo de muestras patrón y los otros 3 restantes (adición de 5 % de ladrillo artesanal, 10 % de ladrillo artesanal y 15 % de ladrillo artesanal). bajo la premisa de que el indicador (absorción) disminuye.

**Hipótesis 3:** La absorción de tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales, disminuye.

El análisis de la hipótesis se hizo en función a la tabla 26 de datos de porcentaje de absorción de las tejas.

**Tabla 26:** Resultados de absorción de tejas

Porcentaje de adición de ladrillo artesanal	Absorción (%)
0%	16.09
5%	13.91
10%	12.26
15%	11.30

Fuente: Propia

Después de analizar la hipótesis 3, es posible plantear la hipótesis nula y la alterna:

$H_0 = \% \text{ abs} = 16.09$  : La absorción de las tejas del grupo muestral es igual a la muestra patrón

$H_a = \% \text{ abs} < 16.09$  : La absorción de las tejas del grupo muestral es menor a la muestra patrón.

De la misma forma se definió en el software MINITAB 19. Se consideró un nivel de confianza de 95%, nivel de significancia del 5% y una media hipotética de 16.09 % debido a que fue el promedio de los resultados de la absorción en la muestra patrón.

Se calcula la media para los porcentajes de adición de 5%, 10% y 15%:

$$\bar{x}_{5\%} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{69.56}{5} = 13.91$$

$$\bar{x}_{10\%} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{64.29}{5} = 12.86$$

$$\bar{x}_{15\%} = \frac{\sum(n_1 + \dots + n_n)}{N} = \frac{56.52}{5} = 11.30$$

Calculando la desviación estándar para los porcentajes de adición de 5%, 10% y 15%:

$$\sigma_{5\%} = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = 0.906$$

$$\sigma_{10\%} = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = 0.442$$

$$\sigma_{15\%} = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}} = 1.185$$

En la figura 38 se aprecia el resumen de los resultados de estadísticas descriptivas:

Estadísticas descriptivas					
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para $\mu$
Absorción 5 %	5	13.912	0.906	0.405	14.776
Absorción 10%	5	12.858	0.442	0.197	13.279
Absorción 15%	5	11.304	1.185	0.530	12.434

$\mu$ : media de Absorción 5 %; Absorción 10%; Absorción 15%

Figura 38. Resumen de estadísticas descriptivas – hipótesis 3

Luego, se calcula el valor de t para los porcentajes de adición de 5%, 10% y 15%:

$$t_{5\%} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{13.912 - 16.09}{\frac{0.906}{\sqrt{5}}} = 2.29$$

$$t_{10\%} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{12.858 - 16.09}{\frac{0.442}{\sqrt{5}}} = 12.53$$

$$t_{15\%} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} = \frac{11.304 - 16.09}{\frac{1.185}{\sqrt{5}}} = 12.66$$

En la figura 39 se aprecia el resumen de los resultados de valor t y p:

Prueba		
Hipótesis nula	$H_0: \mu = 16.09$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu < 16.09$	
Muestra	Valor T	Valor p
Absorción 5 %	-5.37	0.003
Absorción 10%	-16.37	0.000
Absorción 15%	-9.03	0.000

Figura 39. Resumen de valor t – hipótesis 3

Para la contrastación de hipótesis se utiliza un valor de P, por lo que si:

*Valor P > Nivel de significancia* → *Se acepta la H0 y se rechaza la Ha*

*Valor P < Nivel de significancia* → *Se rechaza la H0 y se acepta la Ha*

Como ya se mencionó, el nivel de error es del 5% y el nivel de confianza es del 95%

$$(\alpha = 5\% = 0.05)$$

De esta manera, ninguno de los valores P hallados en la figura 39 sobrepasa el nivel de significancia, es decir ninguno es mayor a 0.05.

A continuación, se presentan las gráficas de distribución para los porcentajes de adición de 5%, 10% y 15% en las figuras 40, 41 y 42, respectivamente.

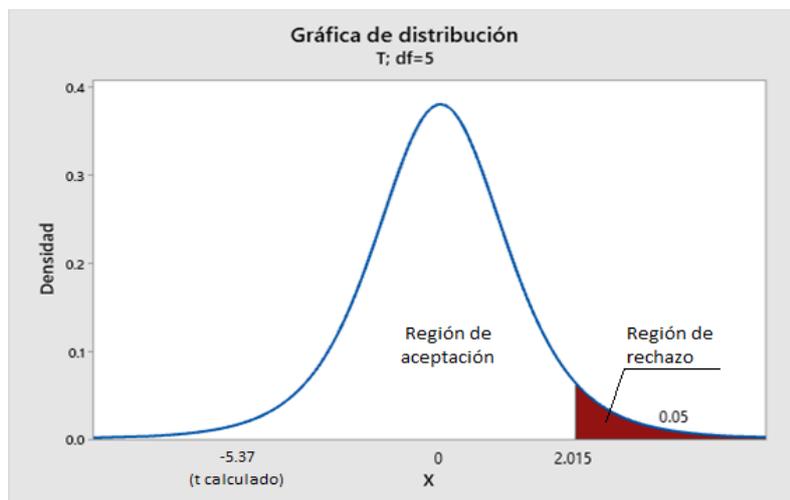


Figura 40. Gráfica de distribución valor t de 5% de adición de ladrillo – H 3

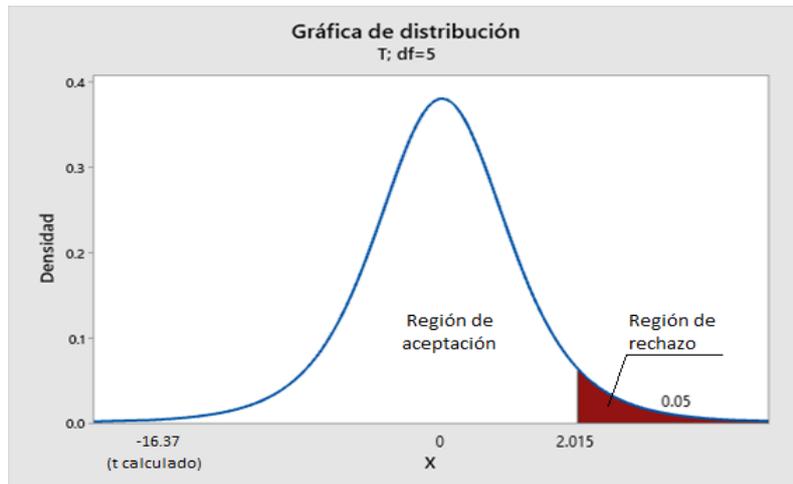


Figura 41. Gráfica de distribución valor t de 10% de adición de ladrillo – H 3

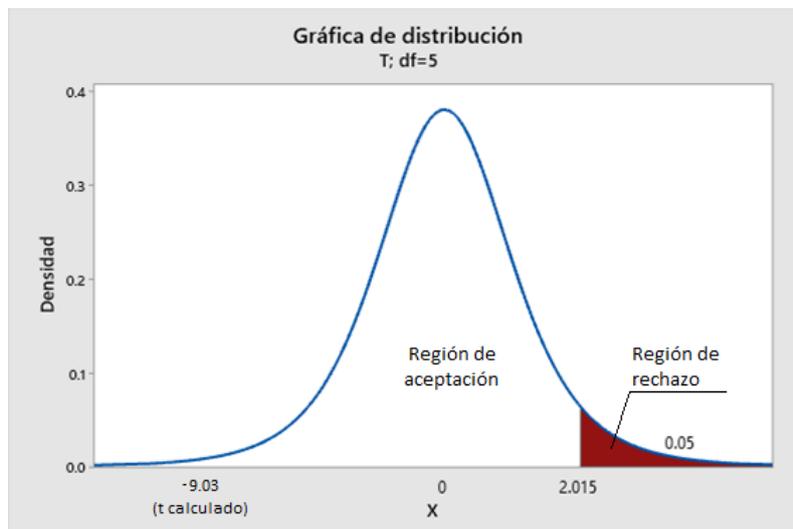


Figura 42. Gráfica de distribución valor t de 15% de adición de ladrillo – H 3

Los datos t hallados se han encontrado dentro de la zona de rechazo de la  $H_0$ .

### Decisión

Los datos resultantes de  $t = -5.37$ ,  $t = -16.37$  y  $t = -9.03$  respecto a la absorción de las tejas se encuentran en la región de aceptación, lo que confirma la aceptación de la hipótesis alterna y el rechazo la hipótesis nula. Entonces, se afirma que la absorción de tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales, DISMINUYE

## V. DISCUSIÓN

Con el fin de redactar una adecuada discusión, se hizo el análisis de cada resultado en relación a los objetivos formulados, luego, se compararon con los resultados de las investigaciones que se tomaron como antecedentes.

Por consiguiente, con el objetivo general de “Elaborar tejas con mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales mediante la reutilización de residuos de ladrillos artesanales” se hizo una comparación con los resultados de propiedades mecánicas de las tejas según los indicadores de la resistencia a la flexión y la absorción:

Según Fernández (2019) señaló que obtuvo 156.4 kg/cm<sup>2</sup> como resultado del ensayo de resistencia a la flexión de las tejas que fueron elaboradas con 5% de adición de ladrillo, que significa el 119.1 % de la resistencia a la flexión resultante de la muestra patrón. Por otro lado, los resultados de absorción de agua en las tejas fueron de 15.4% para la muestra patrón y 13.1% para la muestra con 5 % de adición, por lo tanto, hubo una diferencia del 15% entre la muestra sin adición de residuos de ladrillo y la muestra con 5 % de adición.

Si se comparan con los resultados de la presente investigación, en cuanto a resistencia a la flexión; 168.14 kg/cm<sup>2</sup>, 212.51 kg/cm<sup>2</sup>, 241.13 kg/cm<sup>2</sup> y 267.3 kg/cm<sup>2</sup> para los porcentajes de adición de ladrillo artesanal de 0%, 5 %,10% y 15%, respectivamente; y los resultados de absorción que son 16.09 %, 13.91 %, 12.26 % y 11.30 % para los porcentajes de adición de ladrillo artesanal de 0%,5 %,10% y 15%, respectivamente; es importante afirmar que Fernández (2019) también tuvo resultados que probaron que la adición de residuos de ladrillo artesanal aumenta la resistencia a la flexión de las tejas y a su vez, disminuye la absorción de las mismas. Entonces, se deduce que a medida que se adiciona un mayor porcentaje de ladrillo artesanal, la teja es más resistente; lo cual podría deberse a que el ladrillo ya pasó por un proceso de endurecimiento por calcinación que hizo que ese material sea más resistente; además, absorben menos agua. Por lo tanto, al ser un material utilizado en coberturas de viviendas rurales, en donde existen gran cantidad de precipitación pluvial y presencia de granizo, tiene mejores propiedades que una teja normal.

En lo referente al objetivo específico 1: Comprobar la influencia de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en los límites de consistencia del material utilizado en la elaboración de tejas para viviendas rurales, se puede decir que:

Agudelo (2015) sostiene que obtuvo de 25.20 % de índice plástico (83.27 % de la muestra patrón) como resultado del ensayo de límites de consistencia del suelo, en el que se consideró un 15% de sustitución del material utilizado para elaborar tejas.

Analizando y comparando a detalle los resultados de esta investigación (que fueron de:40.86 %, 39.96 %, 39.49 % y 38.86 % para los porcentajes de adición de ladrillo artesanal de 0%,5 %,10% y 15%, respectivamente) se puede mencionar que, Agudelo concuerda en que la adición de residuos de ladrillo artesanal disminuye el índice de plasticidad o índice plástico del material a utilizar en la confección de tejas. Esto indica que las características plásticas del material disminuyen; lo cual podría deberse a que el ladrillo ya pasó por un proceso de endurecimiento por calcinación que hizo que ese material sea más rígido. Sin embargo, esta disminución no es radical, ya que, el material sigue siendo muy plástico por componerse en su mayoría por arcilla natural.

Además del objetivo específico 2: Superar la resistencia a la flexión de tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales, de la siguiente manera:

Garcia, D (2019) refiere que obtuvo 105 kg/ cm <sup>2</sup> como resultado del ensayo de resistencia a la flexión de las tejas que fueron elaboradas con 10% de adición de polvo de ladrillo, que significa el 109.4 % de la resistencia a la flexión resultante de la muestra patrón.

Si se compara con los resultados de esta investigación (los resultados que son : 168.14 kg/cm<sup>2</sup>, 212.51 kg/cm<sup>2</sup>, 241.13 kg/cm<sup>2</sup> y 267.3 kg/cm<sup>2</sup> para los porcentajes de adición de ladrillo artesanal de 0%, 5 %,10% y 15%, respectivamente) es posible asegurar que, Garcia D. (2019) concuerda en que la adición de residuos de ladrillo artesanal aumenta la resistencia a la flexión de las tejas. Esto indica que el material estudiado soporta fuerzas aplicadas perpendicularmente a su eje longitudinal antes de llegar a la rotura, es decir, que a medida que se adiciona un mayor porcentaje de ladrillo artesanal, la teja es más resistente; lo cual podría deberse a que el ladrillo ya

pasó por un proceso de endurecimiento por calcinación que hizo que ese material sea más resistente.

Finalmente, el objetivo específico 3: Lograr impermeabilizar las tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales.

Según Fernández (2019) los resultados de absorción de agua en las tejas fueron de 15.4% para la muestra patrón y 13.1% para la muestra con 5 % de adición, por lo tanto, hubo una diferencia del 15% entre la muestra sin adición de residuos de ladrillo y la muestra con 5 % de adición.

Entonces, se puede comparar con los resultados de esta investigación (que fueron: 16.09 %, 13.91 %, 12.26 % y 11.30 % para los porcentajes de adición de ladrillo artesanal de 0%, 5 %, 10% y 15%, respectivamente) cabe señalar que, Fernández (2019) está de acuerdo en que la adición de residuos de ladrillo artesanal disminuye la absorción de las tejas. Esto indica que las tejas con mayor adición de ladrillo artesanal absorben menos agua, por lo tanto, al ser un material utilizado en coberturas de edificaciones, su comportamiento es mejor ante la precipitación pluvial.

## VI. CONCLUSIONES

1. En respuesta al objetivo general, la adición de residuos de ladrillo artesanal mejora las propiedades mecánicas de las tejas, ya que aumenta la resistencia a la flexión de las tejas y a su vez, disminuye la absorción de las mismas. De tal forma que, para la resistencia a la flexión existe una mejora de hasta el 59% entre la muestra con adición del 15% en comparación con la muestra patrón; y para el porcentaje de absorción, existe una disminución de hasta el 29.7% entre la muestra con adición del 15% en comparación con la muestra patrón.

2. En cuanto al objetivo específico 1, tomando en cuenta los resultados de índice de plasticidad: 40.86 %, 39.96 %, 39.49 % y 38.86 % para los porcentajes de adición de ladrillo artesanal de 0%, 5 %, 10% y 15%, respectivamente; se concluyó que la adición de residuos de ladrillo artesanal disminuye el índice de plasticidad o índice plástico del material a utilizar en la confección de tejas.

3. En cuanto al objetivo específico 2, en los ensayos de resistencia a la flexión se obtuvieron 168.14 kg/cm<sup>2</sup>, 212.51 kg/cm<sup>2</sup>, 241.13 kg/cm<sup>2</sup> y 267.3 kg/cm<sup>2</sup> para los porcentajes de adición de ladrillo artesanal de 0%, 5 %, 10% y 15%, respectivamente. Por lo que se concluyó que la adición de residuos de ladrillo artesanal aumenta la resistencia a la flexión de las tejas.

4. Finalmente, respondiendo al objetivo específico 3, los resultados del ensayo de absorción de las tejas fueron 16.09 %, 13.91 %, 12.26 % y 11.30 % para los porcentajes de adición de ladrillo artesanal de 0%, 5 %, 10% y 15%, respectivamente. Por consiguiente, se concluyó que la adición de residuos de ladrillo artesanal disminuye la absorción de las tejas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. A partir de los resultados de esta investigación, se recomienda realizar más investigaciones sobre el uso de residuos de ladrillo artesanal para la elaboración de tejas, utilizando mayores porcentajes de adición de ladrillo artesanal con el fin de mejorar las propiedades mecánicas de las tejas.
2. Se recomienda estudiar otros materiales que puedan reciclarse para su uso en producción de tejas, ya que constituyen un tipo de cobertura muy difundido en construcciones rurales de toda la región Puno.
3. Además, se recomienda realizar otros ensayos en los que se estudien otras propiedades mecánicas de las tejas, con el fin de conocer más detalladamente su comportamiento mecánico.

## REFERENCIAS

### Artículos de revistas

AHMAD, S.; UMAR, A. y MASOOD, A. Properties of normal concrete, self-compacting concrete and glass fibre-reinforced self-compacting concrete: An experimental study. *Plast. Impact Mech. [en línea]*, Marzo 2017, n° 5. [Fecha de consulta: 12 de abril del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.12.106>

ISSN: 1877-7058

ALIABDO, A.; ABD-ELMOATY M. y HASSAN, H. Utilization of crushed clay brick in concrete industry. *Alexandria Engineering Journal [en línea]*, Enero 2014; n°1. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.12.003>.

ISSN: 1110-0168

ALONSO-DE LA GARZA, D.; GUZMÁN, A.; GÓMEZ-RODRÍGUEZ, C.; MARTÍNEZ, D.; ELIZONDO, N. Influence of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub> nanoparticles addition on the microstructure and mechano-physical properties of ceramic tiles. *Ceramics International, [en línea]*, Marzo 2022; n°9. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.01.140>.

ISSN: 0272-8842

ANJUM, F.; NAZ, M.; GHAFAR, A.; KAMRAN, K.; SHUKRULLAH, S. y ULLAH, S. Sustainable insulating porous building materials for energy-saving perspective: Stones to environmentally friendly bricks. *Construction and Building Materials [en línea]*, Enero 2022; n°1. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125930>.

ISSN: 0950-0618

AZEVEDO, A.; VIEIRA, C.; FERREIRA, W.; FARIA, K.; PEDROTI, L. Y MENDES, B. Potential use of ceramic waste as precursor in the geopolymerization reaction for the production of ceramic roof tiles. *Journal of Building Engineering [en línea]*, Noviembre

2020; n°29. [Fecha de consulta: 31 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101156..>

ISSN: 2352-7102

CASTAÑO, J. O., RODRÍGUEZ, R., LASSO, L. A., & GÓMEZ, A. (2013). Waste management from construction and demolition (RCD) in Bogota: prospects and limitations. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/c>

DE SOUZA, D.; LAFONTAINE, M.; CHARRON-DOUCET, F.; BENGUA, X.; CHAPPERT, B.; DUARTE, F. y LIMA, L. Comparative Life Cycle Assessment of ceramic versus concrete roof tiles in the Brazilian context. *Journal of Cleaner Production [en línea]*, Marzo 2015; n°2. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.029>.

ISSN: 0959-6526

DONDI, M.; GUARINI, G.; RAIMONDO, M. y; ZANELLI, C. Recycling PC and TV waste glass in clay bricks and roof tiles. *Waste Management [en línea]*, Abril 2009; n°6. [Fecha de consulta: 21 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.12.003>.

ISSN: 0956-053X

FAN, T.; LONG, T.; LU, Y.; YANG, L.; MI, N. XIA, F.; WANG, X.; DENG, S.; HU, Q. y ZHANG, F. Meta-analysis of Cd input-output fluxes in agricultural soil. *Chemosphere [en línea]*, Febrero 2022; n°2. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134974>.

ISSN: 0045-6535

GAGGINO, R., POSITIERI, M., JERÓNIMO, K., SANCHEZ AMONO, M., & RICARDO, A. Tejas elaboradas en base a residuos. Un producto innovador y sustentable para la construcción. *ALTEC [en línea]*, 2015. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <http://altec2015.nitec.co/altec/papers/143.pdf>

IBRAIM, E.; CAMENEN, J.; DIAMBRA, A.; KAIRELIS, K.; VISOCKAITE, L. Y CONSOLI, N. Energy efficiency of fibre reinforced soil formation at small element scale: Laboratory and numerical investigation. *Geotextiles and Geomembranes [en línea]*, Marzo 2018; n°4. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2018.04.008>.  
ISSN: 0266-1144

IMSENG, M.; WIGGENHAUSER, M.; KELLER, A.; MÜLLER, M.; REHKÄMPER, M. MURPHY, K.; KREISSIG, K.; FROSSARD, E.; WILCKE, W. y BIGALKE, M. Fate of Cd in Agricultural Soils: A Stable Isotope Approach to Anthropogenic Impact, Soil Formation, and Soil-Plant Cycling. *Environmental Science & Technology [en línea]*, Febrero 2018; n°9. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05439>  
ISSN: 0013-936X

LAVAT, A.; TREZZA, M.; y POGGI, M. Characterization of ceramic roof tile wastes as pozzolanic admixture. *Waste Management [en línea]*, Febrero 2009; n°5. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.10.019>.  
ISSN: 0956-053X

LEDIEU, L.; SIMONNEAU, A.; CERDAN, O.; NÉGREL, P.; LAPERCHE, V. GROSBOIS, C. y LAGGOUN-DÉFARGE, F. Geochemical insights into spatial and temporal evolution of sediment at catchment scale (Egoutier stream, France). *Applied Geochemistry [en línea]*, Enero 2020; n°1. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2020.104743>.  
ISSN: 0883-2927

LI, C.; ZHANG, C.; YU, T.; LIU, X.; YANG, Y.; HOU, Q.; YANG, Z.; MA, X. y WANG, L. Use of artificial neural network to evaluate cadmium contamination in farmland soils in a karst area with naturally high background values. *Environmental Pollution [en línea]*. Enero 2022; n°1. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119234>.

ISSN: 0269-7491

MÉNDEZ, N., RODRIGUES, C., CRUZ, N. y LAINES, J., 2010. Los escombros como agregados en la industria de la construcción. *KUXULKAB [en línea]*, Marzo 2010 , no 2. [Fecha de consulta: 10 de abril del 2022]. Disponible en: <https://revistas.ujat.mx>  
ISSN: 2448-508X

MOHAMMED,S. Processing, effect and reactivity assessment of artificial pozzolans obtained from clays and clay wastes: A review. *Construction and Building Materials [en línea]*,Diciembre 2017; n°140. [Fecha de consulta: 21 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.078>.  
ISSN: 0950-0618

MURILLO, D., ÁVILA, K., & NARVÁEZ, C. (2019). Simulation of the hardness test Brinell for the alloy of aluminium 2024-t4 using the method of finite elements. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250976010.pdf>

OTOKO, G. Use of crushed clay bricks as aggregate in concrete. *International Journal of Engineering and Technology Research [en línea]*,Abril 2014; n°4. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/266200275>  
ISSN: 2327 - 0349

PACHECO, C., & FUENTES, L. (2017). Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85252030015>

PÉREZ, Á. (2012). Use of Crushed Recycled Brick Coarse as Aggregate in the Use of Crushed Recycled Brick Coarse as Aggregate in the Elaboration of Concrete Elaboration of Concrete. Obtenido de <https://acortar.link/Ye6xKr>.

PEÑA, S., TERÁN, J. y BUILES-JARAMILLO, A., 2018. Evaluación de las propiedades de residuos de construcción y demolición de concreto para su uso en la elaboración de sub-bases granulares . Una alternativa al manejo de residuos en el Valle de Aburrá . *Revista Activa [en línea]*, Enero 2018 , n° 10. [Fecha de consulta: 10 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.53995/20278108.496>  
ISSN: 2027-8101

PINCHI, S.; RAMÍREZ, J.; RODRÍGUEZ, J. y EYZAGUIRRE, C. Use of recycled broken bricks as partial replacement coarse aggregate for the manufacturing of sustainable concrete. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering [en línea]*, Febrero 2020; n°2. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/758/1/012039>  
ISSN: 1757-899X

SÁNCHEZ, F. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos Obtenido de <https://acortar.link/dE9JSa>.

YANG, J. y ZHANG, G. Si cycling and isotope fractionation: Implications on weathering and soil formation processes in a typical subtropical area. *Geoderma [en línea]*, Enero 2019; n°1. [Fecha de consulta: 4 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.047>.  
ISSN: 0016-7061

### **Libros**

HERNANDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación. 6ta ed. Mc Graw Hill, México 2014. 602pp.  
ISBN: 978-607-15-0291-9

TAMAYO, M. El Proceso de la Investigación Científica. Limusa, México 2002. 444pp.  
ISBN: 978-607-05-0138-8

UICN. Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción. UICN, Oficina regional para Mesoamérica y la Iniciativa Caribe, San José, Costa Rica 2011. 96pp.

### **Trabajos de titulación**

AGUDELO, O. Elaboración de tejas utilizando residuos de polietileno tereftalato (pet). Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia, 2015. 165pp.

BOTÍA, W. Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2015. 93pp.

FERNANDEZ, D. Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de las tejas cerámicas artesanales y mecanizadas manufacturadas en Piñipampa – Cusco, 2018, INEN. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2019.102pp.

GARCÍA, A. Análisis de las características físicas y del comportamiento mecánico de las tejas cerámicas curvas antiguas y su evolución en el tiempo trabajo. Tesis (Posgrado en Técnicas y Sistemas de Edificación). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2011. 115pp.

GARCÍA NUÑEZ, D. Mejora del proceso de fabricación de tejas de barro y/o arcilla en la parroquia la victoria. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Católica de Trujillo, 2019.65pp.

HIDALGO, P. Elaboración de teja utilizando como materia prima caucho reciclado. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Quito: Universidad de las Américas, 2018. 102pp.

MAMANI, L. Identificación y evaluación de patologías en viviendas autoconstruidas en los barrios urbano marginales de la ciudad de Puno. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018. 96pp.

MAMANI, R. Estudio y evaluación de formulación de mezclas para la obtención de ladrillos de arcilla en la ciudad de cusco. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín, 2015. 119 pp.

RUIZ, E. Resistencia a compresión y capacidad de absorción del mortero al reemplazar agregado fino por ladrillo, cerámica y teja de arcilla reciclados – Cajamarca, 2018. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2020. 134pp.

SANMARTÍN, F., & TUBA, M. Análisis y determinación de los costos de la explotación, procesamiento, acabado y comercialización de ladrillo y teja de los diferentes talleres de la parroquia rural de Sinincay, cantón Cuenca año 2014. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Ecuador- Cuenca: Universidad de Cuenca, 2015. 274pp

VILLALBA, V., CEPEDA, E., RODRÍGUEZ, O., & MORENO, D. Evaluación de los beneficios económicos y ambientales para la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Bogotá D.C. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2018. 186pp.

VIZUETA, J. Ecodiseño para la fabricación de tejas cerámicas con aplicación de un descarte industrial polvos de acería Vizqueta. Tesis (Máster en Sistemas de Gestión Ambiental). Ecuador: Universidad de las fuerzas armadas, 2020. 174pp.

## ANEXOS

### Anexo 01. Matriz de consistencia

“Residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas con mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales, Juliaca 2022”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Cómo la reutilización de residuos de ladrillos artesanales permitiría elaborar tejas con mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Elaborar tejas con mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales mediante la reutilización de residuos de ladrillos artesanales.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>La reutilización de residuos de ladrillos artesanales mejora las propiedades de tejas para viviendas rurales.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Residuos de ladrillos artesanales</p>	<p>Porcentaje (%)</p>	<p>5%</p> <p>10 %</p> <p>15%</p>	<p><b>Método de investigación</b> Hipotético deductivo</p> <p><b>Diseño de investigación</b> Diseño experimental</p> <p><b>Tipo de investigación</b> Investigación aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación</b> Correlacional</p> <p><b>Población.</b> Todas las unidades de tejas elaboradas y usadas en el sector construcción de la ciudad de Juliaca</p> <p><b>Muestra.</b> 80 unidades de tejas</p> <p><b>Muestreo.</b> No probabilístico</p> <p><b>Técnicas.</b> Observación</p> <p><b>Instrumentos.</b> Fichas, tablas y gráficos.</p>
<p><b>Problemas Secundarios</b></p> <p>1. ¿ Con la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas para viviendas rurales cambian los límites de consistencia del material utilizado?</p> <p>2. ¿ Con la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en tejas para viviendas rurales la resistencia a la flexión aumenta?</p> <p>3. ¿ Con la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en tejas para viviendas rurales la absorción disminuye?</p>	<p><b>Objetivos Secundarios</b></p> <p>1. •Comprobar que con la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas para viviendas rurales cambian los límites de consistencia del material utilizado.</p> <p>2. Superar la resistencia a la flexión de tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales.</p> <p>3. Lograr que disminuya la absorción de las tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales</p>	<p><b>Hipótesis Secundarias</b></p> <p>1.Con la reutilización de residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas para viviendas rurales, existe un cambio en los límites de consistencia del material utilizado.</p> <p>2.La resistencia a la flexión de tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales, aumenta.</p> <p>3.La absorción de tejas para viviendas rurales por medio de la reutilización de residuos de ladrillos artesanales, disminuye</p>	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Propiedades mecánicas de las tejas</p>	<p>Límites de consistencia</p> <p>Resistencia a la flexión</p> <p>Absorción</p>	<p>-Límite líquido</p> <p>-Límite plástico</p> <p>-Índice de plasticidad</p> <p>Esfuerzo (Mpa)</p> <p>Índice de absorción (%)</p>	

## Anexo 02. Operacionalización de variables

“Residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas con mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales, Juliaca 2022”

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: Residuos de ladrillos artesanales	Se considera a aquellos que los residuos de construcción y demolición se generan en zonas urbanas y no se clasifican como los denominados residuos municipales (residuos domésticos y comerciales) porque su composición es de materiales pétreos (Méndez et al., 2010)	La variable independiente de residuos de ladrillo artesanal se operacionaliza por medio de sus dimensiones propiedades de los residuos de ladrillos artesanales y dosificación y las dimensiones por medio de sus indicadores.	Propiedades de los residuos de ladrillos artesanales	Granulometría Contenido de humedad	Intervalo
			Dosificación	0.00% residuos de tejas artesanal 5.00% de residuos de tejas artesanal. 10.00% de residuos de tejas artesanal 15.00% de residuos de tejas artesanal	Razón
VD: Propiedades mecánicas de las tejas	Las tejas son las partes de un edificio que se techan para recibir y guiar el agua de lluvia, nieve o granizo. Hay otras formas de formar una cubierta, pero cuando es de teja, se llama techo (Ruiz, 2020).	La variable dependiente Propiedades mecánicas de las tejas se operacionaliza mediante sus dimensiones límites de consistencia, resistencia a la flexión y absorción, estas por medio de sus indicadores.	Límites de consistencia	Límite líquido Límite plástico Índice de plasticidad	Intervalo
			Resistencia a Flexión	Esfuerzo (Mpa)	Intervalo
			Absorción	Absorción de las tejas	Intervalo

**Anexo 03. Panel fotográfico**

**FOTOGRAFÍA 1 – Recolección de material arcilloso**



**FOTOGRAFÍA 2 – Acarreo de material arcilloso**



**FOTOGRAFÍA 3 – Muestras de arcilla y residuos de ladrillo artesanal**



**FOTOGRAFÍA 4 – Ensayo de granulometría de material arcilloso**



**FOTOGRAFÍA 5 – Ensayos de límites de consistencia**



**FOTOGRAFÍA 6 – Tejas elaboradas con adición de ladrillo artesanal**



**FOTOGRAFÍA 7 – Maquina de compresión para ensayo de flexión de las tejas**



**FOTOGRAFÍA 8 – Ensayo de flexión de las tejas**



**FOTOGRAFÍA 9 – Tejas rotas por el ensayo de flexión de las tejas**



**FOTOGRAFÍA 10 – Ensayo de absorción de las tejas**





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

**PROYECTO** : " RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"

**SOLICITANTE** : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA

**UBICACIÓN** : JULIACA

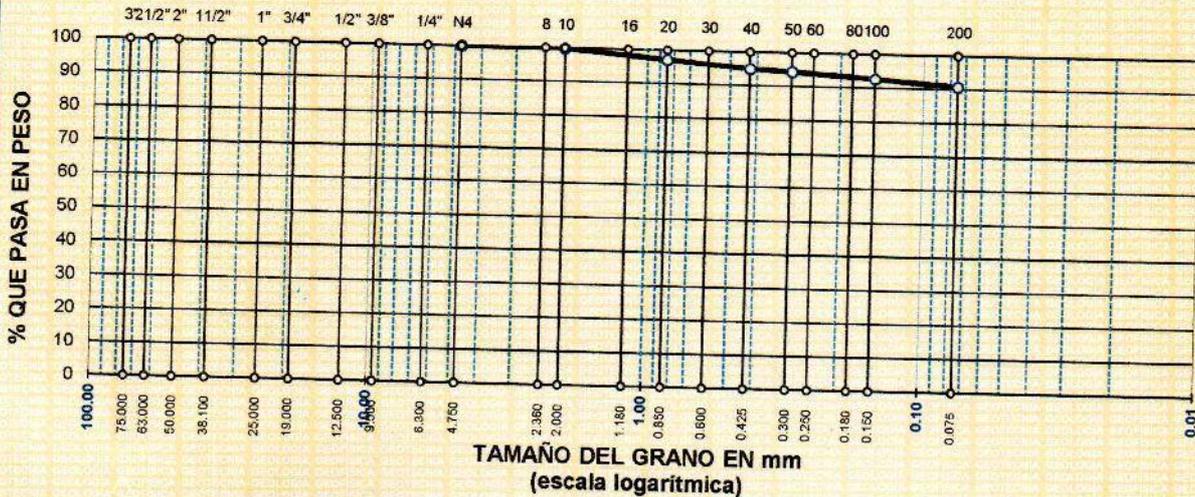
**MUESTRA** : ADICIÓN 15% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 0.60 m

**FECHA** : 13 DE JUNIO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 200.00
2"	50.000						P.L.= 18.30
1 1/2"	38.100						P.P.= 181.70
1"	25.000						% W = 20.08
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 66.39
3/8"	9.500						L.P.= 27.53
1/4"	6.300						I.P.= 38.86
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	0.20	0.10	0.10	99.90		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						
No20	0.850	5.50	2.75	2.85	97.15		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	4.24	2.12	4.97	95.03		SUCS : CH
No 50	0.300	1.30	0.65	5.62	94.38		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	3.30	1.65	7.27	92.73		
No200	0.075	3.76	1.88	9.15	90.85		
BASE		181.70	90.85	100.00	0.00		
TOTAL		200.00	100.00				
% PERDIDA		90.85					

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504



*Elizabeth Copo Gordillo*  
 Elizabeth Copo Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 121350



**PROYECTO** : " RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA  
**UBICACIÓN** : JULIACA  
**MUESTRA** : ADICIÓN 15% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 0.60 m  
**FECHA** : 13 DE JUNIO DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

**LÍMITE LÍQUIDO**

TARRO N°		Y	Z
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.97	36.82
SUELO SECO + TARRO	gr	32.86	31.21
PESO DEL TARRO	gr	23.33	22.75
PESO DEL AGUA	gr	6.11	5.61
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.53	8.46
HUMEDAD %	%	64.11	66.31
N° DE GOLPES		29	29

**LÍMITE PLÁSTICO**

Y	Z
17.96	17.48
16.45	15.65
11.00	8.96
1.51	1.83
5.45	6.69
27.71	27.35

**LÍMITE LÍQUIDO %** : 66.39      **LÍMITE PLÁSTICO %** : 27.53

**ÍNDICE PLÁSTICO %** : 38.86

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$   
Donde:  
LL = Límite Líquido  
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
N = Número de Golpes



*Elizabeth Ccopa Gordillo*  
Elizabeth Ccopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 121350

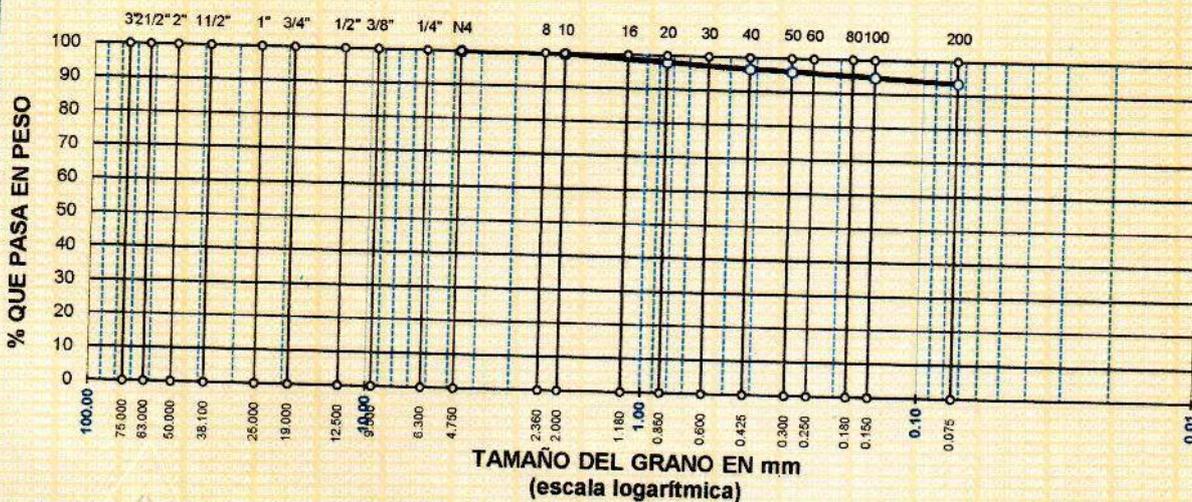


**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**  
**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

PROYECTO : "RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"  
SOLICITANTE : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA  
UBICACIÓN : JULIACA  
MUESTRA : ADICIÓN 10% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)  
PROFUNDIDAD : 0.00 - 0.60 m  
FECHA : 13 DE JUNIO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 200.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 13.04
2"	50.000						P.P.= 186.96
1 1/2"	38.100						% W = 24.72
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 67.40
1/2"	12.500						L.P.= 28.37
3/8"	9.500						I.P.= 39.03
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	0.38	0.19	0.19	99.81		CLASIFICACIÓN:
No16	1.180						I.G. = :
No20	0.850	3.44	1.72	1.91	98.09		SUCS : CH
No30	0.600						ASSTHO :
No40	0.425	2.96	1.48	3.39	96.61		OBSERVACIONES:
No 50	0.300	0.94	0.47	3.86	96.14		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	2.52	1.26	5.12	94.88		
No200	0.075	2.80	1.40	6.52	93.48		
BASE		186.96	93.48	100.00	0.00		
TOTAL		200.00	100.00				
% PERDIDA							

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504



*Elizabeth*  
Elizabeth Coopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350



**PROYECTO** : "RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. AGUILAR POMOL TATIANA PLANA  
**UBICACIÓN** : JULIACA  
**MUESTRA** : ADICIÓN 10% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 0.80 m  
**FECHA** : 13 DE JUNIO DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	

**LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		N	N	S
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.06	18.73	16.75
SUELO SECO + TARRO	gr	34.53	16.86	15.44
PESO DEL TARRO	gr	24.85	10.13	10.70
PESO DEL AGUA	gr	6.53	1.87	1.31
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.68	6.73	4.74
HUMEDAD %	%	67.46	27.78	27.64
N° DE GOLPES		25		25

**LÍMITE LIQUIDO %** : 67.40      **LÍMITE PLÁSTICO %** : 27.61

**ÍNDICE PLÁSTICO %** : 39.49

$LL = Wn * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

  
 Elizabeth Zepa Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121359



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**  
**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

PROYECTO : " RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"

SOLICITANTE : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA

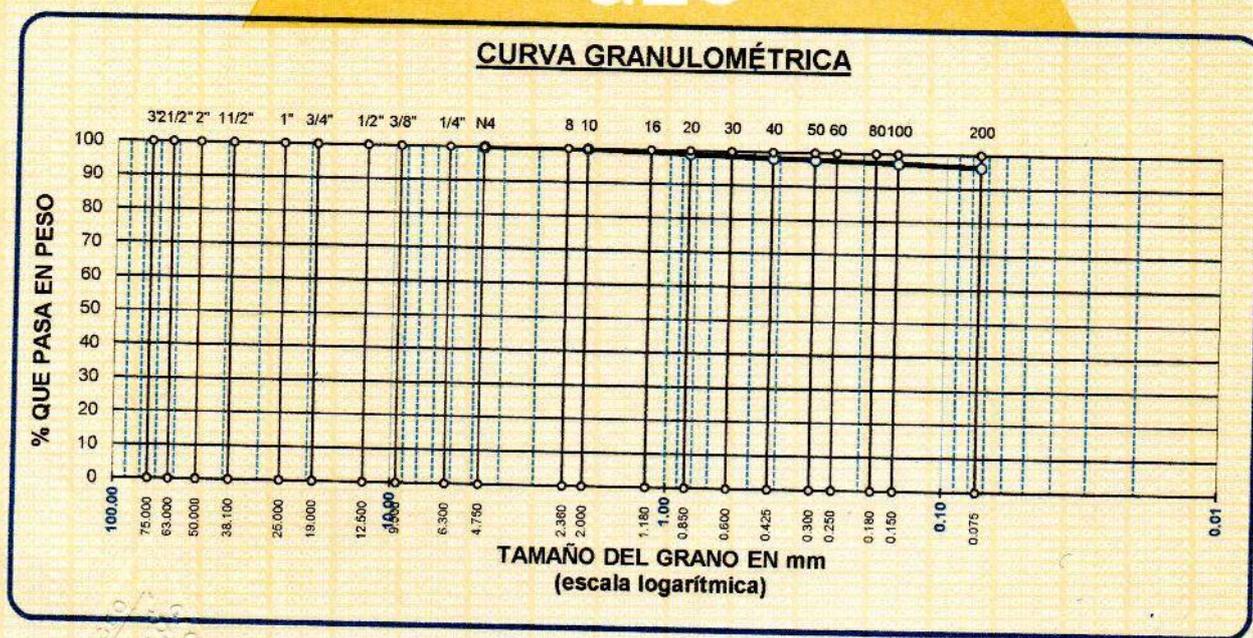
UBICACIÓN : JULIACA

MUESTRA : ADICIÓN 5% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)

PROFUNDIDAD : 0.00 - 0.60 m

FECHA : 13 DE JUNIO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 200.00
2"	50.000						P.L.= 7.30
1 1/2"	38.100						P.P.= 192.70
1"	25.000						% W = 27.46
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						L.L.= 67.61
3/8"	9.500						L.P.= 27.64
1/4"	6.300						I.P.= 39.96
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	0.18	0.09	0.09	99.91		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						
No20	0.850	1.82	0.91	1.00	99.00		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	1.58	0.79	1.79	98.21		SUCS : CH
No 50	0.300	0.54	0.27	2.06	97.94		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	1.40	0.70	2.76	97.24		
No200	0.075	1.78	0.89	3.65	96.35		
BASE		192.70	96.35	100.00	0.00		
TOTAL		200.00	100.00				
% PERDIDA		96.35					



LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

*Elizabeth Ccopa Gordillo*  
 Elizabeth Ccopa Gordillo  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 121350



**TRIPLE GEO**

S.R.L.

Calidad y Experiencia

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

Geología - Geofísica - Geotecnia

**PROYECTO** : "RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"

**SOLICITANTE** : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA

**UBICACIÓN** : JULIACA

**MUESTRA** : ADICIÓN 5% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)

**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 0.60 m

**FECHA** : 13 DE JUNIO DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	
SUELO SECO + TARRO	gr	
PESO DEL TARRO	gr	
PESO DEL AGUA	gr	
PESO DEL SUELO SECO	gr	
HUMEDAD %	%	

**LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
	Q	R	Q	R
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	40.98	40.38	
SUELO SECO + TARRO	gr	34.25	33.95	16.72
PESO DEL TARRO	gr	24.40	24.53	15.39
PESO DEL AGUA	gr	6.73	6.43	10.63
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.85	9.42	1.33
HUMEDAD %	%	68.32	68.26	4.76
N° DE GOLPES		23	23	27.94
				27.35

**LÍMITE LÍQUIDO %** : 67.61      **LÍMITE PLÁSTICO %** : 27.64

**ÍNDICE PLÁSTICO %** : 39.96

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$   
Donde:  
LL = Límite Líquido  
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
N = Número de Golpes



*Elizabeth Ccopa Gordillo*  
Elizabeth Ccopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350

¡ RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14      TEL. 942225341 - 951810504**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**  
**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)**

PROYECTO : " RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"

SOLICITANTE : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA

UBICACIÓN : JULIACA

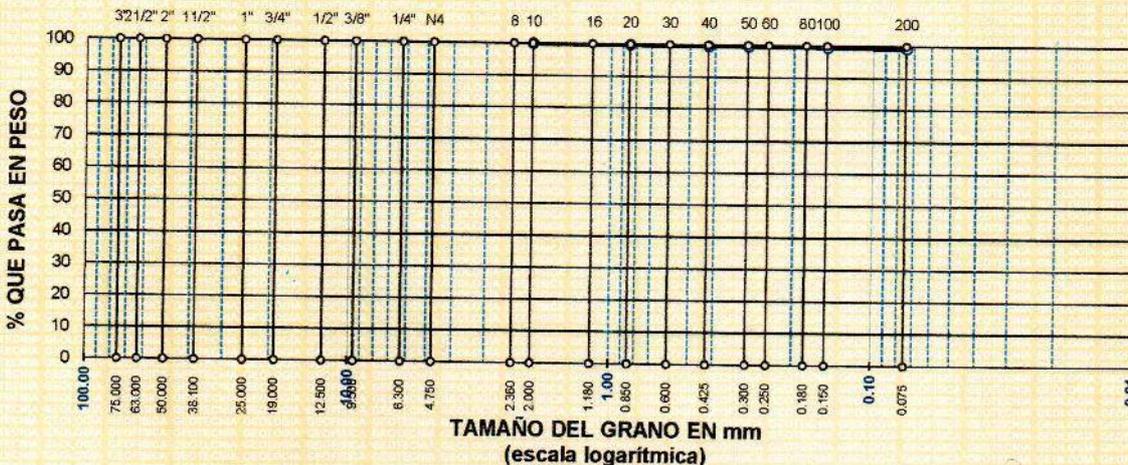
MUESTRA : MUESTRA NATURAL

PROFUNDIDAD : 0.00 - 0.60 m

FECHA : 13 DE JUNIO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 200.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 1.50
2"	50.000						P.P.= 198.50
1 1/2"	38.100						% W = 36.09
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 69.12
1/2"	12.500						L.P.= 28.26
3/8"	9.500						I.P.= 40.86
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750						D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	0.30	0.15	0.15	99.85		I.G. = :
No30	0.600						SUCS : CH
No40	0.425	0.28	0.14	0.29	99.71		ASSTHO :
No 50	0.300	0.12	0.06	0.35	99.65		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	0.36	0.18	0.53	99.47		
No200	0.075	0.44	0.22	0.75	99.25		
BASE		198.50	99.25	100.00	0.00		
TOTAL		200.00	100.00				
% PERDIDA		99.25					

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



*Elizabeth Ccopa Gordillo*  
**Elizabeth Ccopa Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**



**TRIPLE GEO** S.R.L.

Calidad y Experiencia

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

Geología - Geofísica - Geotecnia

**PROYECTO** : "RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA  
**UBICACIÓN** : JULIACA  
**MUESTRA** : MUESTRA NATURAL  
**PROFUNDIDAD** : 0.00 - 0.60 m  
**FECHA** : 13 DE JUNIO DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	296.25
SUELO SECO + TARRO	gr	234.17
PESO DEL TARRO	gr	62.14
PESO DEL AGUA	gr	62.08
PESO DEL SUELO SECO	gr	172.03
HUMEDAD %	%	36.09

**LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

**LÍMITE LÍQUIDO**

TARRO N°		O	P
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	37.96	37.19
SUELO SECO + TARRO	gr	32.28	32.26
PESO DEL TARRO	gr	24.04	25.08
PESO DEL AGUA	gr	5.68	4.93
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.24	7.18
HUMEDAD %	%	68.93	68.66
N° DE GOLPES		26	26

**LÍMITE PLÁSTICO**

O	P
16.29	17.15
14.94	15.63
10.20	10.21
1.35	1.52
4.74	5.42
28.48	28.04

**LÍMITE LÍQUIDO %** : **69.12**      **LÍMITE PLÁSTICO %** : **28.26**

**ÍNDICE PLÁSTICO %** : **40.86**

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$   
Donde:  
LL = Límite Líquido  
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
N = Número de Golpes



*Elizabeth Zcopa Gordillo*  
Elizabeth Zcopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350

RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14      TEL. 94225341 - 951810504**



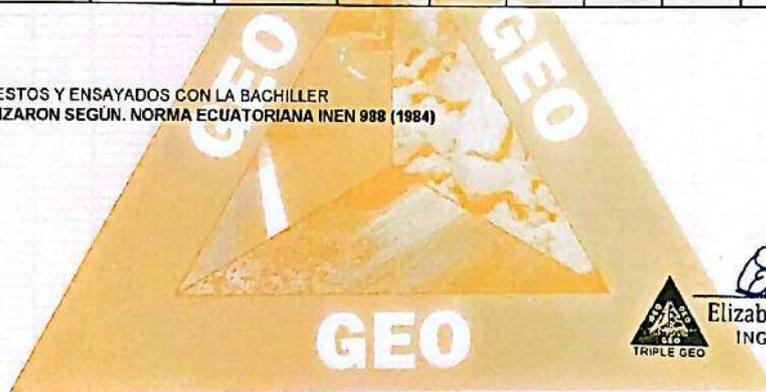
## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

PROYECTO : " RESIDUOS DE LABRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS  
PARA VIVIENDAS RURALES JULIACA 2022"  
SOLICITANTE : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA  
UBICACIÓN : JULIACA  
MUESTRA : NATURAL  
FECHA : 15 DE JUNIO DEL 2022

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	PROMEDIO				LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm <sup>2</sup>
					l (cm)	B (cm)	b(cm)	h (cm)		
1	TEJA ONDULADA (SIN ADICION)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.00	22.50	18.50	1.00	120	158.74
2	TEJA ONDULADA ( SIN ADICION))	14/05/2022	11/06/2022	28	42.02	23.00	19.10	1.00	110	142.00
3	TEJA ONDULADA ( SIN ADICION))	14/05/2022	11/06/2022	28	42.00	22.00	18.60	1.01	135	177.58
4	TEJA ONDULADA ( SIN ADICION))	14/05/2022	11/06/2022	28	42.00	21.50	18.30	1.00	140	191.84
5	TEJA ONDULADA ( SIN ADICION))	14/05/2022	11/06/2022	28	42.04	20.00	18.00	1.01	120	170.53

**OBSERVACIONES:**

- \* LAS TEJAS FUERON PUESTOS Y ENSAYADOS CON LA BACHILLER
- \* LOS ENSAYOS SE REALIZARON SEGÚN. NORMA ECUATORIANA INEN 988 (1984)



*Elizabeth Ccopa Gordillo*  
Elizabeth Ccopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350



**TRIPLE GEO** S.R.L.  
Calidad y Experiencia

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**  
Geología - Geofísica - Geotecnia

## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

PROYECTO : " RESIDUOS DE LABRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES JULIACA 2022"

SOLICITANTE : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA

UBICACIÓN : JULIACA

MUESTRA : ADICION 5% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)

FECHA : 15 DE JUNIO DEL 2022

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	PROMEDIO				LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm <sup>2</sup>
					l (cm)	B (cm)	b(cm)	h (cm)		
1	TEJA ONDULADA (5 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	41.98	22.50	18.50	1.01	110	142.58
2	TEJA ONDULADA (5 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.01	22.90	18.40	1.00	180	235.57
3	TEJA ONDULADA (5 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.00	22.60	18.52	1.00	170	224.11
4	TEJA ONDULADA (5 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.04	22.40	18.50	1.02	160	204.27
5	TEJA ONDULADA (5 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.03	22.00	18.38	1.00	190	256.03

**OBSERVACIONES:**

- LAS TEJAS FUERON PUESTOS Y ENSAYADOS CON LA BACHILLER
- LOS ENSAYOS SE REALIZARON SEGÚN NORMA ECUATORIANA INEN 988 (1984)



*Elizabeth Cbpa Gordillo*  
Elizabeth Cbpa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350

LAS MUESTRAS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504



**TRIPLE GEO** I.I.R.L.  
Calidad y Experiencia

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

Geología - Geofísica - Geotecnia

## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

**PROYECTO** : " RESIDUOS DE LABRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES JULIACA 2022"

**SOLICITANTE** : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA

**UBICACIÓN** : JULIACA

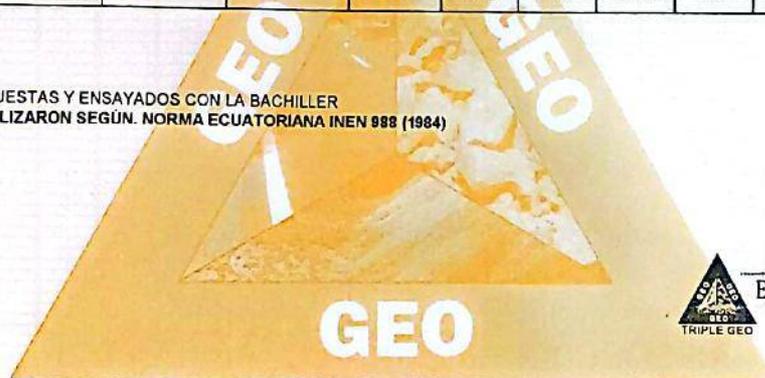
**MUESTRA** : ADICION 10% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)

**FECHA** : 15 DE JUNIO DEL 2022

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	PROMEDIO				LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm <sup>2</sup>
					l (cm)	B (cm)	b(cm)	h (cm)		
1	TEJA ONDULADA ( 10 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.04	22.47	18.46	1.02	200	254.94
2	TEJA ONDULADA ( 10 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.00	22.82	18.48	1.01	180	231.16
3	TEJA ONDULADA ( 10 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.10	22.71	18.50	1.00	170	223.94
4	TEJA ONDULADA ( 10 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.06	22.52	18.46	1.01	190	246.74
5	TEJA ONDULADA ( 10 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.11	22.30	18.42	1.01	190	248.91

**OBSERVACIONES:**

- \* LAS TEJAS FUERON PUESTAS Y ENSAYADOS CON LA BACHILLER
- \* LOS ENSAYOS SE REALIZARON SEGÚN. NORMA ECUATORIANA INEN 988 (1984)



*Elizabeth*  
Elizabeth Ucpa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP: 121350

LAS MUESTRAS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504

Escaneado con CamScanner



## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

PROYECTO : " RESIDUOS DE LABRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES JULIACA 2022"  
SOLICITANTE : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA  
UBICACIÓN : JULIACA  
MUESTRA : ADICION 15% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)  
FECHA : 15 DE JUNIO DEL 2022

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	PROMEDIO				LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm <sup>2</sup>
					l (cm)	B (cm)	b(cm)	h (cm)		
1	TEJA ONDULADA (15 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.04	22.47	18.46	1.02	190	242.19
2	TEJA ONDULADA ( 15 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.00	22.82	18.48	1.01	200	256.85
3	TEJA ONDULADA (15 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.10	22.71	18.50	1.00	210	276.83
4	TEJA ONDULADA ( 15 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.06	22.52	18.46	1.01	220	285.70
5	TEJA ONDULADA ( 15 % DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL)	14/05/2022	11/06/2022	28	42.11	22.30	18.42	1.01	210	275.11

**OBSERVACIONES:**

- \* LAS TEJAS FUERON PUESTAS Y ENSAYADOS CON LA BACHILLER
- \* LOS ENSAYOS SE REALIZARON SEGUN. NORMA ECUATORIANA INEN 988 (1984)



  
Elizabeth Ccoipa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350

**GEO**



## ENSAYO DE ABSORCIÓN DE TEJAS

**PROYECTO** : "RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA  
**UBICACIÓN** : JULIACA  
**MUESTRA** : MUESTRA NATURAL  
**FECHA** : 13. DE JUNIO DEL 2022

**ABSORCIÓN**

$$ABS = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A = PESO DE LA TEJA SECO (gr).  
 B = PESO DE LA TEJA SATURADO (gr).

<b>Muestra N° 01</b>	<b>AREA</b>
A= 1320 gr. B= 1580 gr.	AREA= (b1+b2)h/2 VOL= AREA* H b1: ANCHO MAYOR b2 ANCHO MENOR h: LARGO

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
1	TEJA ONDULADA (SIN ADICION) 22.52 X 18.48 X 42.10 X 1.00 cm	14/06/2022	863.05	19.70
<b>Muestra N° 02</b>				
A= 1400 gr. B= 1590 gr.				
2	TEJA ONDULADA (SIN ADICION) 22.50 X 18.52 X 42.15 X 1.02 cm	14/06/2022	881.79	13.57
<b>Muestra N° 03</b>				
A= 1410 gr. B= 1600 gr.				
3	TEJA ONDULADA (SIN ADICION) 21.98 X 18.46 X 42.12 X 1.00 cm	14/06/2022	17090.22	13.48
<b>Muestra N° 04</b>				
A= 1326 gr. B= 1572 gr.				
4	TEJA ONDULADA (SIN ADICION) 22.40 X 18.51 X 42.10 X 1.01 cm	14/06/2022	869.77	18.55
<b>Muestra N° 05</b>				
A= 1420 gr. B= 1635 gr.				
5	TEJA ONDULADA (SIN ADICION) 22.38 X 18.48 X 41.96 X 1.03 cm	14/06/2022	882.96	15.14
<b>PROMEDIO ABSORCIÓN</b>				16.09

**OBSERVACIONES :**  
 1.- LAS TEJAS PUESTAS Y ENSAYADAS CON LA BACHILLER.  
 2.- LOS ENSAYOS SE REALIZARON SEGÚN NORMA ECUATORIANA INEN 988

  
**Elizabeth Ccopa Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIR. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**



## ENSAYO DE ABSORCIÓN DE TEJAS

**PROYECTO** : "RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA  
**UBICACIÓN** : JULIACA  
**MUESTRA** : ADICIÓN 5% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)  
**FECHA** : 13. DE JUNIO DEL 2022

**ABSORCIÓN**

$$ABS = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A = PESO DE LA TEJA SECO (gr).  
 B = PESO DE LA TEJA SATURADO (gr).

Muestra N° 01		AREA		
A=	1270 gr.	AREA=	$(b1+b2)h/2$	
B=	1450 gr.	b1:	ANCHO MAYOR	
		b2:	ANCHO MENOR	
		h:	LARGO	
		VOL=	AREA * H	
		H:	ESPESOR	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
1	TEJA ONDULADA (5% DE ADICIÓN DE LADRILLO ARTESANAL) 22.48 X 18.51 X 42.08 X 1.02 cm	14/06/2022	879.68	14.17
Muestra N° 02				
A=	1230 gr.			
B=	1400 gr.			
2	TEJA ONDULADA (5% DE ADICIÓN DE LADRILLO ARTESANAL) 22.45 X 18.48 X 42.10 X 1.00 cm	14/06/2022	861.58	13.82
Muestra N° 03				
A=	1190 gr.			
B=	1340 gr.			
3	TEJA ONDULADA (5% DE ADICIÓN DE LADRILLO ARTESANAL) 22.30 X 18.52 X 41.98 X 1.02 cm	14/06/2022	17337.57	12.61
Muestra N° 04				
A=	1281 gr.			
B=	1458 gr.			
4	TEJA ONDULADA (5% DE ADICIÓN DE LADRILLO ARTESANAL) 22.49 X 18.42 X 42.00 X 1.00 cm	14/06/2022	859.11	13.82
Muestra N° 05				
A=	1420 gr.			
B=	1635 gr.			
5	TEJA ONDULADA (5% DE ADICIÓN DE LADRILLO ARTESANAL) 22.51 X 18.44 X 42.06 X 1.02 cm	14/06/2022	878.40	15.14
<b>PROMEDIO ABSORCIÓN</b>				<b>13.91</b>

**OBSERVACIONES :**

- 1.- LAS TEJAS PUESTAS Y ENSAYADAS CON LA BACHILLER.
- 2.- LOS ENSAYOS SE REALIZARON SEGUN NORMA ECUATORIANA INEN 988

*Elizabeth C. C. Gordillo*  
**Elizabeth C. C. Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**



## ENSAYO DE ABSORCIÓN DE TEJAS

**PROYECTO** : "RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA  
**UBICACIÓN** : JULIACA  
**MUESTRA** : ADICIÓN 10% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)  
**FECHA** : 13. DE JUNIO DEL 2022

ABSORCIÓN	
$ABS = \frac{(B-A) \times 100}{A}$	A= PESO DE LA TEJA SECO (gr). B= PESO DE LA TEJA SATURADO (gr).

<p style="text-align: center;"><b>Muestra N° 01</b></p> <p>A= 1260 gr. B= 1460 gr.</p>	<p style="text-align: center;">AREA</p> <p>AREA= (b1+b2)h/2      VOL= AREA* H                  b1: ANCHO MAYOR      H: ESPESOR                  b2: ANCHO MENOR                  h: LARGO</p>
--	---

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
1	TEJA ONDULADA (10% DE ADICIÓN DE LADRILLO ARTESANAL) 22.46 X 18.50 X 42.01 X 1.03 cm	14/06/2022	886.18	12.87

<p style="text-align: center;"><b>Muestra N° 02</b></p> <p>A= 1240 gr. B= 1430 gr.</p>
--

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
2	TEJA ONDULADA (ADICIÓN 10% RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES) 22.49 X 18.52 X 42.00 X 1.05 cm	14/06/2022	904.27	12.32

<p style="text-align: center;"><b>Muestra N° 03</b></p> <p>A= 1230 gr. B= 1440 gr.</p>
--

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
3	TEJA ONDULADA (ADICIÓN 10% RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES) 22.49 X 18.45 X 42.06 X 1.00 cm	14/06/2022	17452.40	13.07

<p style="text-align: center;"><b>Muestra N° 04</b></p> <p>A= 1272 gr. B= 1470 gr.</p>
--

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
4	TEJA ONDULADA (ADICIÓN 10% RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES) 22.45 X 18.49 X 42.04 X 1.01 cm	14/06/2022	869.16	12.57

<p style="text-align: center;"><b>Muestra N° 05</b></p> <p>A= 1260 gr. B= 1480 gr.</p>
--

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
5	TEJA ONDULADA (ADICIÓN 10% RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES) 22.55 X 18.50 X 42.10 X 1.04 cm	14/06/2022	898.67	13.46

<b>PROMEDIO ABSORCIÓN</b>	<b>12.26</b>
---------------------------	--------------

- OBSERVACIONES :**
- 1.- LAS TEJAS PUESTAS Y ENSAYADAS CON LA BACHILLER.
  - 2.- LOS ENSAYOS SE REALIZARON SEGÚN NORMA ECUATORIANA INEN 988

**Elizabeth Zcopa Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 121350

**TRIPLE GEO**

Calidad y Experiencia

S.R.L.

**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO****LOS Y**

Geología - Geofísica - Geotecnia

## ENSAYO DE ABSORCIÓN DE TEJAS

**PROYECTO** : "RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES EN LA ELABORACIÓN DE TEJAS CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS PARA VIVIENDAS RURALES, JULIACA 2022"

**SOLICITANTE** : BACH. AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA

**UBICACIÓN** : JULIACA

**MUESTRA** : ADICIÓN 15% (RESIDUOS DE LADRILLOS ARTESANALES)

**FECHA** : 13. DE JUNIO DEL 2022

### ABSORCIÓN

$$ABS = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A= PESO DE LA TEJA SECO (gr).

B= PESO DE LA TEJA SATURADO (gr).

Muestra N° 01		AREA		
A=	1330 gr.	AREA= (b1+b2)h/2	VOL= AREA* H	
B=	1490 gr.	b1: ANCHO MAYOR	H: ESPESOR	
		b2: ANCHO MENOR		
		h: LARGO		
N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
1	TEJA ONDULADA (15% DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL) 22.50 X 18.49 X 42.05 X 1.00 cm	14/06/2022	861.81	12.03
Muestra N° 02		AREA		
A=	1530 gr.	AREA= (b1+b2)h/2	VOL= AREA* H	
B=	1690 gr.	b1: ANCHO MAYOR	H: ESPESOR	
		b2: ANCHO MENOR		
		h: LARGO		
N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
2	TEJA ONDULADA (15% DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL) 22.00 X 18.49 X 42.02 X 1.03 cm	14/06/2022	876.22	10.46
Muestra N° 03		AREA		
A=	1090 gr.	AREA= (b1+b2)h/2	VOL= AREA* H	
B=	1220 gr.	b1: ANCHO MAYOR	H: ESPESOR	
		b2: ANCHO MENOR		
		h: LARGO		
N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
3	TEJA ONDULADA (15% DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL) 22.51 X 18.50 X 42.04 X 1.02 cm	14/06/2022	17506.93	12.96
Muestra N° 04		AREA		
A=	1352 gr.	AREA= (b1+b2)h/2	VOL= AREA* H	
B=	1488 gr.	b1: ANCHO MAYOR	H: ESPESOR	
		b2: ANCHO MENOR		
		h: LARGO		
N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
4	TEJA ONDULADA (15% DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL) 22.49 X 18.45 X 42.10 X 1.00 cm	14/06/2022	861.79	10.06
Muestra N° 05		AREA		
A=	1581 gr.	AREA= (b1+b2)h/2	VOL= AREA* H	
B=	1755 gr.	b1: ANCHO MAYOR	H: ESPESOR	
		b2: ANCHO MENOR		
		h: LARGO		
N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	VOLUMEN cm3	% ABS.
5	TEJA ONDULADA (15% DE ADICION DE LADRILLO ARTESANAL) 22.50 X 18.49 X 42.00 X 1.06 cm	14/06/2022	912.44	11.01
<b>PROMEDIO ABSORCIÓN</b>				<b>11.30</b>

**OBSERVACIONES :**

- 1.- LAS TEJAS PUESTAS Y ENSAYADAS CON LA BACHILLER.
- 2.- LOS ENSAYOS SE REALIZARON SEGÚN NORMA ECUATORIANA INEN 988



*Elizabeth Ccopa Gordillo*  
**Elizabeth Ccopa Gordillo**  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 121350

LOS RESULTADOS SERAN VALIDOS SOLO CON EL SELLO SECO

**URB. VILLA DEL LAGO MZ - "G" LOTE 14 TEL. 942225341 - 951810504**

Escaneado con CamScanner

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 039 - 2022

Página 1 de 4

1. Expediente	0249-2022
2. Solicitante	TRIPLE GEO EIRL
3. Dirección	LT. 14 MZ. G URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	620 g
División de escala (d)	0.01 g
Div. de verificación (e)	0.01 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	NV622ZH
Número de Serie	8342157621
Capacidad mínima	0.2 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración 2022-01-31

Fecha de Emisión

2022-01-31

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN CA - IV - 0132 - 2021

Página 1 de 2

<b>1. Expediente</b>	<b>1595-2021</b>	Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
<b>2. Solicitante</b>	<b>TRIPLE GEO E.I.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	<b>MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO</b>	Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
<b>4. Instrumento</b>	<b>TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)</b>	
<b>Diametro</b>	<b>8 pulgadas</b>	CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>Designación</b>	<b>No. 10 2 mm</b>	
<b>Marca</b>	<b>ELE INTERNATIONAL</b>	
<b>Número de serie</b>	<b>141332F89</b>	
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>	
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>	Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
<b>5. Fecha de Verificación</b>	<b>2021-08-16</b>	El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-08-16

Jefe del Laboratorio de Metrología

  
MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN CA - IV - 0130 - 2021

Página 1 de 2

1. Expediente	1595-2021
2. Solicitante	TRIPLE GEO E.I.R.L.
3. Dirección	MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 20 850 µm
Marca	SOIL TEST, INC
Número de serie	NO INDICA
Procedencia	NO INDICA
Identificación	IV-0130
5. Fecha de Verificación	2021-08-16

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-08-16

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN CA - IV - 0127 - 2021

Página 1 de 2

1. Expediente	1595-2021
2. Solicitante	TRIPLE GEO E.I.R.L.
3. Dirección	MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 50 300 µm
Marca	GRAN TEST
Número de serie	21996
Procedencia	COLOMBIA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Verificación	2021-08-16

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-08-16

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN CA - IV - 0126 - 2021

Página 1 de 2

1. Expediente 1595-2021

2. Solicitante TRIPLE GEO E.I.R.L.

3. Dirección MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO -  
PUNO - PUNO - PUNO

4. Instrumento TAMIZ DE ENSAYO  
(SIEVE TEST)

Diametro 8 pulgadas

Designación No. 100  
150  $\mu$ m

Marca SOILTEST, INC.

Número de serie 205549

Procedencia U.S.A.

Identificación NO INDICA

5. Fecha de Verificación 2021-08-16

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-08-16

Jefe del Laboratorio de Metrología



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN CA - IV - 0125 - 2021

Página 1 de 2

1. Expediente	1595-2021
2. Solicitante	TRIPLE GEO E.I.R.L.
3. Dirección	MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO - PUNO - PUNO - PUNO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 200 75 µm
Marca	FORNEY
Número de serie	NO INDICA
Procedencia	U.S.A.
Identificación	IV-0125
5. Fecha de Verificación	2021-08-16

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

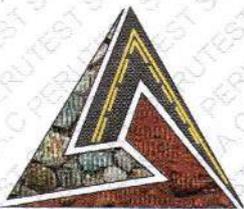
2021-08-16

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



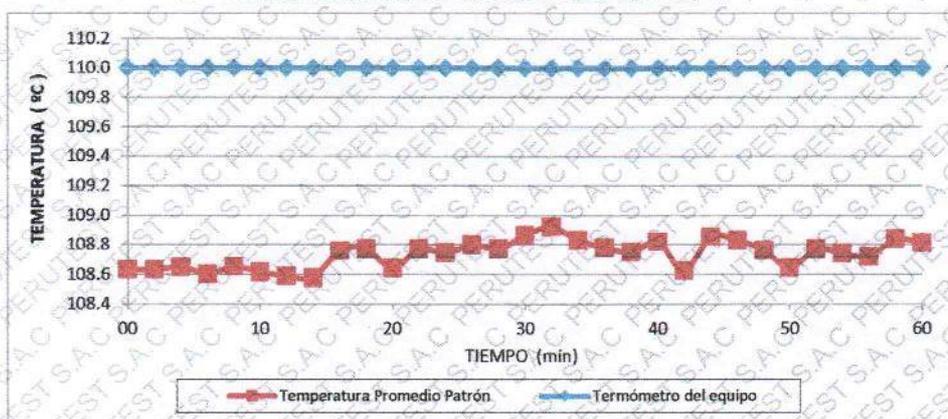


## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 066 - 2020

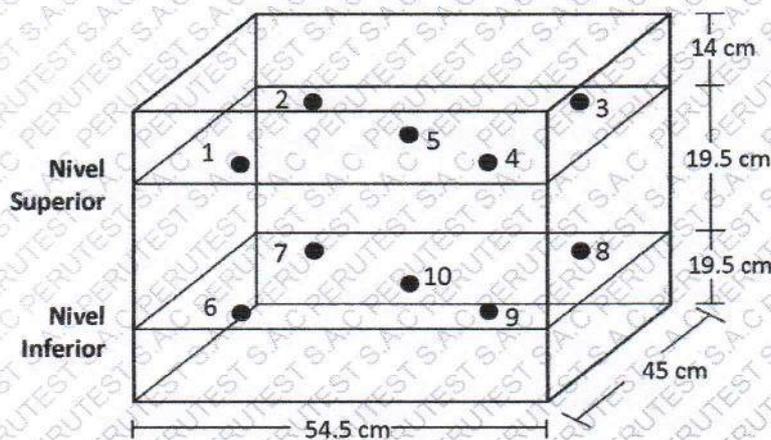
Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 5

### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$



### DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento



# PERUTEST S.A.C

**CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO**

**SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FISICA - QUIMICA**

**RUC N° 20602182721**

**PERUTEST S.A.C**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**PT - LT - 066 - 2020**

Área de Metrología

Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

- |                        |   |
|------------------------|---|
| <b>1. Expediente</b>   | <b>01416-2020</b>                                   |
| <b>2. Solicitante</b>  | <b>CCOPA GORDILLO ELIZABETH</b>                     |
| <b>3. Dirección</b>    | JR. PICHACANI 114 - SANTA ROSA - PUNO - PUNO - PUNO |
| <b>4. Equipo</b>       | <b>HORNO</b>  |
| <b>Alcance Máximo</b>  | 300 °C  |
| <b>Marca</b>           | PERUTEST  |
| <b>Modelo</b>          | PT-H136   |
| <b>Número de Serie</b> | 0127  |
| <b>Procedencia</b>     | CHINA   |
| <b>Identificación</b>  | NO INDICA   |
| <b>Ubicación</b>       | NO INDICA   |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMÓMETRO DIGITAL

- 5. Fecha de Calibración**      **2020-11-27**

Fecha de Emisión

2020-11-27

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





### INFORME DE VERIFICACIÓN CA - IV - 0124 - 2021

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

#### 11. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

##### DIMENSIONES DE LA BASE DE GOMA DURA

Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
50.20	149.60	125.40

##### HERRAMIENTA DE RANURADO

###### EXTREMO CURVADO

Esesor (mm)	Borde Cortante (mm)	Ancho (mm)
10.02	1.99	13.01

##### DIMENSIONES DE LA COPA

Radio de la copa (mm)	Esesor de la copa (mm)	Altura desde la guía del elevador hasta la base (mm)
46.80	1.95	47.01

Fin del Documento





Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

## INFORME DE VERIFICACIÓN CA - IV - 0124 - 2021

Página 1 de 3

1. Expediente 1595-2021

2. Solicitante TRIPLE GEO E.I.R.L.

3. Dirección MZA. G LOTE. 14 URB. VILLA DEL LAGO -  
PUNO - PUNO - PUNO

4. Instrumento de medición EQUIPO LÍMITE LÍQUIDO  
(CAZUELA CASAGRANDE)

Marca ELE INTERNATIONAL

Modelo CL-20417

Procedencia U.S.A.

Número de Serie NO INDICA

Código de Identificación IV-0124

Tipo de contador ANALÓGICO

Ubicación NO INDICA

5. Fecha de Verificación 2021-08-16

Fecha de Emisión

2021-08-16

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Sello



Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 015 - 2022

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	$F_i$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)
10	12000	12063	12068	12068	12066
20	24000	24112	24107	24082	24101
30	36000	36132	36127	36127	36129
40	48000	48178	48188	48183	48183
50	60000	60238	60238	60243	60240
60	72000	72284	72284	72294	72288
70	84000	84356	84356	84361	84357
80	96000	96412	96493	96478	96461
90	108000	108525	108515	108525	108521
100	120000	120572	120572	120577	120574
Retorno a Cero		100.0	100.0	120.0	

Indicación del Equipo $F$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
	Exactitud $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $e$ (%)	
12000	-0.54	0.04	0.04	0.08	0.34
24000	-0.30	0.12	0.50	0.04	0.42
36000	-0.25	0.01	0.44	0.03	0.41
48000	-0.27	0.02	0.45	0.02	0.40
60000	-0.29	0.01	0.45	0.02	0.41
72000	-0.28	0.01	0.47	0.01	0.42
84000	-0.30	0.01	0.51	0.01	0.43
96000	-0.35	0.08	0.54	0.01	0.43
108000	-0.33	0.01	0.58	0.01	0.45
120000	-0.32	0.00	0.61	0.01	0.46

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0.10 %
---	--------



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 015 - 2022

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

### 7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

LT. 14 MZ. G URB. VILLA DEL LAGO - PUNO PUNO PUNO

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	14.8 °C	14.8 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE -038 - 21 A

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LF - 015 - 2022

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	0105-2022
2. Solicitante	TRIPLE GEO EIRL
3. Dirección	LT. 14 MZ. G URB. VILLA DEL LAGO - PUNO PUNO PUNO
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO
Capacidad	120000 kgf
Marca	PERUTEST
Modelo	PC-120
Número de Serie	1080
Procedencia	PERÚ
Identificación	NO INDICA
Indicación	DIGITAL
Marca	HIGH WEIGHT
Modelo	315-XSP
Número de Serie	1080
Resolución	10 kgf
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2022-01-10

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-01-11

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO AMAGA TORRES

Sello





**INFORME DEL EXPERTO SOBRE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO**

**TESIS:** Residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas con mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales, Juliaca 2022

**AUTORA:** Bach. Aguilar Ponce Tatiana Pliana (ORCID: 0000-0003-2066-5459)

---

**Apellidos y nombres:** ROBERTO CLAUDIO PACHECO ONTIVEROS

**CIP:** 99575

---

**INSTRUCCIONES**

Valore si el indicador mostrado debajo es necesario para evaluar las propiedades mecánicas de las tejas.

1= No importante; 2= Poco importante; 3= Algo importante; 4= Importante;

5= Muy importante.

Indicadores	Validez				
	1	2	3	4	5
1. Análisis granulométrico				X	
2. Límite líquido					X
3. Límite plástico					X
4. Índice de plasticidad					X
5. Resistencia a la flexión					X
6. Absorción					X

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
Ing. Roberto C. Pacheco Ontiveros  
CIP. 99575



**INFORME DEL EXPERTO SOBRE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO**

**TESIS:** Residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas con mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales, Juliaca 2022

**AUTORA:** Bach. Aguilar Ponce Tatiana Pliana (ORCID: 0000-0003-2066-5459)

---

**Apellidos y nombres:** Elizabeth Ccopa Gordillo

**CIP:** 121350

---

**INSTRUCCIONES**

Valore si el indicador mostrado debajo es necesario para evaluar las propiedades mecánicas de las tejas.

1= No importante; 2= Poco importante; 3= Algo importante; 4= Importante;

5= Muy importante.

Indicadores	Validez				
	1	2	3	4	5
1. Análisis granulométrico				×	
2. Límite líquido					×
3. Límite plástico					×
4. Índice de plasticidad					×
5. Resistencia a la flexión					×
6. Absorción					×

Elizabeth Ccopa Gordillo  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 121350



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CLEMENTE CONDORI LUIS JIMMY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Residuos de ladrillos artesanales en la elaboración de tejas con mejores propiedades mecánicas para viviendas rurales, Juliaca 2022"

", cuyo autor es AGUILAR PONCE TATIANA PLIANA, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 05 de Setiembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CLEMENTE CONDORI LUIS JIMMY <b>DNI:</b> 09957407 <b>ORCID</b> 0000-0002-0250-4363	Firmado digitalmente por: LCLEMENTECO el 05-09- 2022 17:55:12

Código documento Trilce: TRI - 0426650