

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**“INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO  
RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN DEL ADOBE ARTESANAL, JAÉN –  
CAJAMARCA, 2021”**

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

**Autores: Bach. Samuel Eli Flores Añorga**

**Bach. Erick Marlon Calderón Vásquez**

**Asesores: Dra. Ing. Zadith Nancy Garrido Campaña**

**Ing. Marcel Angel Perez Concha**

**JAÉN - PERÚ, ABRIL, 2022**



## FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 17 de mayo del año 2022, siendo las 10:05 horas, se reunieron de manera virtual los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. José Luis Piedra Tineo

Secretario: Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderon

Vocal: Mg. Walter Linder Cabrera Torres, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

( ) Trabajo de Investigación

( **X** ) Tesis

( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

**INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE ARTESANAL, JAÉN - CAJAMARCA, 2021,**

presentado por los egresados **Samuel Eli Flores Añorga y Erick Marlon Calderón Vásquez**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

( **X** ) Aprobar

( ) Desaprobar

( **X** ) Unanimidad

( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )    |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( 14 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | ( )    |

Siendo las 11:08 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

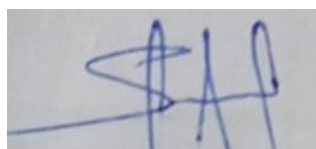
Presidente

Secretario

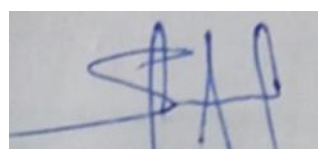
Vocal

# ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	V
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT .....	VII
I. INTRODUCCIÓN .....	8
<b>Justificación</b> .....	9
II. OBJETIVOS .....	10
2.1. General.....	10
2.2. Específicos.....	10
III. MATERIAL Y MÉTODOS .....	11
3.1. Hipótesis .....	11
3.2. Ubicación del Área de Estudio .....	11
3.3. Población .....	12
3.4. Muestra .....	12
3.5. Muestreo .....	13
3.6. Variables de Estudio.....	13
3.7. Fuentes de Información .....	15
3.8. Métodos .....	15
3.9. Técnicas .....	15
3.10. Procedimiento.....	16
IV. RESULTADOS .....	21
4.1. Influencia del Caucho Sobre la Resistencia a la Compresión del Adobe.....	21
4.2. Clasificación del Suelo Para la Fabricación de Adobes .....	22
4.3. Elaboración de Adobes con Partículas de Caucho .....	23
4.4. Porcentaje de Caucho que Influye en la Mayor Resistencia a la Compresión ....	24

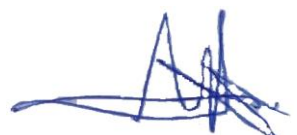
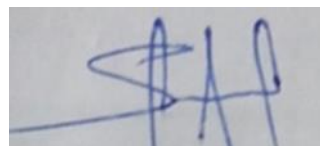


4.5. Comparación de la Resistencia a la Compresión de los Adobes Elaborados con la Norma E.080.....	28
Análisis Estadístico.....	29
V. DISCUSIÓN.....	30
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
6.1. Conclusiones.....	34
6.2. Recomendaciones.....	35
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
AGRADECIMIENTO.....	38
DEDICATORIA.....	39
ANEXOS.....	40
Anexo 01: Resultados de ensayos de suelo.....	41
Anexo 02: Resultados de ensayos de resistencia a la compresión.....	45
Anexo 03: Registro del laboratorio de mecánica de suelos en el INDECOPI.....	50
Anexo 04: Resultados del análisis estadístico.....	52
Anexo 05: Panel fotográfico.....	57



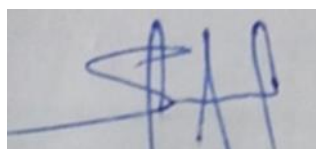
## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Operacionalización de variables.</i>	17
<i>Tabla 2. Diseño experimental DCA (Diseño Completamente al Azar) con 4 tratamientos y 9 repeticiones con arreglo factorial.</i>	18
<i>Tabla 3. Resumen de los resultados de ensayos de Suelos.</i>	19
<i>Tabla 4. Dosificación de caucho para cada tratamiento.</i>	19
<i>Tabla 5. Resistencia a la compresión de bloques de adobe Testigos.</i>	20
<i>Tabla 6. Resistencia a la compresión de bloques de adobe con 1% de incorporación de caucho.</i>	21
<i>Tabla 7. Resistencia a la compresión de bloques de adobe con 2.5% de incorporación de caucho.</i>	21
<i>Tabla 8. Resistencia a la compresión de bloques de adobe con 5% de incorporación de caucho.</i>	25
<i>Tabla 9. Resumen de la eficiencia de los tratamientos respecto a la Norma E.080 y el Testigo.</i>	25
<i>Tabla 10. Resultado del Análisis de varianza (ANOVA).</i>	
<i>Tabla 11. Resumen de la prueba de comparación de medias Tukey.</i>	



## ÍNDICE DE FIGURAS

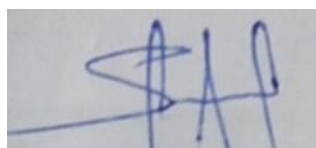
Figura 1.	Ubicación de la cantera en estudio.	11
Figura 2.	Flujograma del procedimiento de la investigación.	22
Figura 3.	Tendencia de la incorporación de caucho sobre la resistencia a la compresión del adobe.	23
Figura 4.	Comparación de la resistencia a la compresión de los cuatro tratamientos.	24
Figura 5.	Comparación de la resistencia a la compresión de los cuatro tratamientos con la Norma E.080.	55
Figura 6.	Neumáticos para ser reencauchados.	55
Figura 7.	Recolección de fibra granular producto del esmerilado de neumáticos reencauchados.	56
Figura 8.	Dosificación de caucho para cada tratamiento.	56
Figura 9.	Muestra representativa de caucho granular.	57
Figura 10.	Ejecutando la prueba preliminar de “Resistencia Seca” para selección de canteras.	57
Figura 11.	Ejecutando la prueba preliminar de “Cinta de Barro” para selección de canteras.	58
Figura 12.	Zarandeo del material para la elaboración de adobes.	58
Figura 13.	Respectiva dosificación para cada tratamiento.	59
Figura 14.	Muestra de suelo con fibra de caucho incorporado para ser mezclada.	59
Figura 15.	Humedecimiento de la mezcla de suelo con caucho para la formación del barro.	60
Figura 16.	Elaboración de adobes testigos con cascara de arroz.	60
Figura 17.	Elaboración del barro para el moldeado de probetas.	61
Figura 18.	Humedecimiento del molde de madera (gavera) por 24 horas para evitar que el barro se pegue en sus paredes.	61
Figura 19.	Desencofrado y moldeado de las probetas de adobe de 10 cm de arista según la Norma E.080.	62
Figura 20.	Población y muestra de probetas de adobe para los cuatro tratamientos.	62
Figura 21.	Acopio de las probetas para su secado.	63
Figura 22.	Rotulado de Probetas para ser ensayadas en laboratorio.	63
Figura 23.	Acompañamiento del asesor de la investigación en la Rotura de probetas.	64
Figura 24.	Medición de los especímenes antes de su rotura.	64
Figura 25.	Sometimiento de las probetas de adobe al Ensayo de Resistencia a la Compresión.	64



## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo fundamental de determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado sobre la resistencia a la compresión del adobe artesanal en la ciudad de Jaén, para la cual se elaboraron adobes testigos y con 1%, 2.5% y 5% de partículas de caucho reciclado, motivo que estas piezas de albañilería presentan frágil comportamiento y baja resistencia a la compresión ante el peso de las estructuras, adicionándole el impacto dañino que los neumáticos en desuso provocan en el ambiente y la salud. Los especímenes se ensayaron en laboratorio, estando la muestra conformada por nueve unidades para cada tratamiento, fracturándose un total de 36 probetas. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA), ANOVA y la prueba de comparación de medias Tukey. Los resultados logrados fueron 12,63 kg/cm<sup>2</sup>; 17,58 kg/cm<sup>2</sup>; 16,73 kg/cm<sup>2</sup> y 13,14 kg/cm<sup>2</sup> correspondientes al testigo, 1%, 2.5% y 5% de caucho incorporado, respectivamente, todos estos resultados superaron a la Norma E.080. Concluyendo que la incorporación de caucho influye positivamente en la resistencia a la compresión del adobe, siendo el 1% la dosificación óptima, y a medida que el volumen de caucho supera paulatinamente esta dosificación, la resistencia en el adobe disminuye.

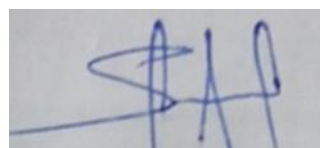
**Palabras clave:** Adobe, caucho reciclado, resistencia a la compresión.



## ABSTRACT

The present investigation was carried out with the fundamental objective of determining the influence of the incorporation of recycled rubber on the compressive strength of artisanal adobe in the city of Jaén, for which witness adobes were made and with 1%, 2.5% and 5% of recycled rubber particles, due to the fact that these pieces of masonry have fragile behavior and low resistance to compression due to the weight of the structures, adding the harmful impact that disused tires cause on the environment and on health. The specimens were tested in the laboratory, with the sample made up of nine units for each treatment, with a total of 36 specimens being fractured. A Completely Random Design (DCA), ANOVA and the Tukey mean comparison test were applied. The results achieved were 12.63 kg/cm<sup>2</sup>; 17.58kg/cm<sup>2</sup>; 16.73 kg/cm<sup>2</sup> and 13.14 kg/cm<sup>2</sup> corresponding to the control, 1%, 2.5% and 5% of incorporated rubber, respectively, all these results exceeded Standard E.080. Concluding that the incorporation of rubber positively influences the compressive strength of the adobe, with 1% being the optimal dosage, and as the volume of rubber gradually exceeds this dosage, the resistance in the adobe decreases.

**Key words:** Adobe, recycled rubber, compressive strength.





## I. INTRODUCCIÓN

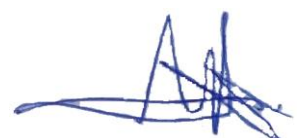
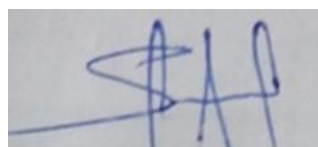
Una de las principales motivaciones de esta investigación radicó en la búsqueda de nuevas alternativas para aumentar la resistencia a la compresión del adobe, y que mejor que reutilizando los neumáticos en desuso, puesto que en la ciudad de Jaén en el mes de marzo del 2021 el Municipio en conjunto con la Dirección Sub Regional de Salud recogió 114 toneladas de estos neumáticos (Municipalidad Provincial de Jaén [MPJ], 2021).

Asimismo, la baja resistencia a la compresión que ofrece el adobe es uno de los principales problemas para las edificaciones elaboradas con este material, debido a que estas no cuentan con elementos estructurales que conecten las cargas de la estructura hacia el suelo teniendo que ser depositadas sobre sus muros, los cuales cumplen la función de tabiquería y soporte (Pérez & Pérez, 2020).

A pesar del uso decreciente que se le viene dando al adobe, se puede afirmar que en la actualidad todavía existe gran demanda de este material, puesto que en la región Cajamarca el 70.3% de construcciones son elaboradas con adobe o tapial (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017); teniendo estas construcciones un comportamiento habitualmente deficiente, por el motivo que sus piezas son muy quebradizas y carecen de ductilidad, resultando con fallas súbitas debido a su comportamiento frágil y baja resistencia al peso de las estructuras (Blondet *et al.*, 2011 citado por Ruiz & Vidal, 2014). Esta pieza de albañilería presenta una baja resistencia a la compresión, hasta 10 veces menor en comparación a la mampostería de arcilla cocida (Arroyo *et al.*, 2013).

A pesar de estas deficiencias la construcción con tierra durante la primera década del siglo XXI ha resurgido en todo el mundo como un material con propiedades sostenibles, de bajo impacto ambiental y de gran capacidad expresiva. La búsqueda de nuevos materiales de construcción que aportan nuevas soluciones, sumado a la voluntad de hacer una arquitectura cada día más sostenible ha hecho emerger un material que se fue abandonando a lo largo del tiempo. Este hecho es un incentivo para los países en vías de desarrollo, con una mirada atenta a recuperar su identidad constructiva (Bestraten, Hormias & Altemir, 2011).

Con esta investigación también se da atención a un problema ambiental difícil de solucionar que ha venido afectando directamente al equilibrio del ecosistema, porque su falta o deficiente reciclaje de los neumáticos en desuso, provoca un aumento excesivo de



los mismos, que a largo plazo se convertirán en una potencial amenaza que atentará contra el medio ambiente y la salud humana (Almeida, 2011).

Frente a esta problemática nos fue fundamental realizar esta investigación, planteándonos la propuesta de fabricar bloques de adobe artesanal utilizando caucho de neumático reciclado en distintos porcentajes, estableciendo como objetivo principal el de determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado sobre la resistencia a la compresión del adobe artesanal, Jaén – Cajamarca, 2021; para lo cual nos planteamos la siguiente pregunta de investigación:

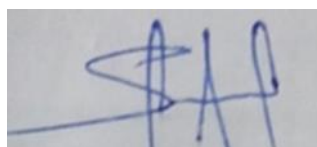
¿Cómo influye la incorporación de caucho reciclado sobre la resistencia a la compresión del adobe artesanal, Jaén – Cajamarca, 2021?

## **Justificación**

Asimismo esta investigación también se encaminó por el motivo que en esta región todavía existe una demanda considerable de consumo de adobe para la construcción de viviendas, y según los reglamento de construcción y los precursores que estudiaron el adobe nos señalan que esta pieza de albañilería ofrece una ineficiente resistencia a la compresión y a la vez carece de ductilidad, poniendo en riesgo a las personas que construyen con este material, a todo esto le sumamos la falta e ineficiente reciclaje de toneladas de neumáticos fuera de uso, los cuales generan contaminación ambiental y medios de propagación para muchas enfermedades.

Además también nos permite proponer la reutilización de neumáticos en desuso para mejorar el adobe y darle mayor seguridad a las personas que construyen con este material y de alguna manera mitigar la contaminación ambiental, siendo estas nuevas alternativas de construcción mucho más económicas frente a los ladrillos de arcilla cocida, bloques de concreto y otros materiales, y de esta manera incentivar a los productores de la zona a mejorar sus técnicas de producción para generar adobes de mejor calidad en cuanto a aumentar la resistencia a la compresión.

Con la determinación de la factibilidad de la reutilización de los neumáticos fuera de uso para la elaboración adobes, se evidencia la generación de un avance investigativo, que favorecerá no solo a la construcción, al saber que se obtendrán elementos más resistentes, sino que también plantea una propuesta que permite desaparecer toneladas de neumáticos que año tras año aumentan con la demanda del transporte.



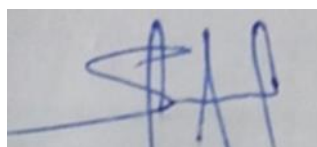
## II. OBJETIVOS

### 2.1. General

Determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado sobre la resistencia a la compresión del adobe artesanal, Jaén – Cajamarca, 2021.

### 2.2. Específicos

- Clasificar el material suelo para la fabricación de adobes artesanales.
- Elaborar adobes incorporando partículas de caucho reciclado.
- Identificar el porcentaje de caucho que influye en la mayor resistencia a la compresión del adobe.
- Comprobar si los adobes elaborados superan a la resistencia a la compresión exigida por la Norma E. 080.



### III. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. Hipótesis

La incorporación de caucho reciclado aumenta la resistencia a la compresión del adobe artesanal, Jaén – Cajamarca, 2021.

#### 3.2. Ubicación del Área de Estudio

##### *a. Trabajo de Campo.*

El trabajo de campo se realizó en una cantera ubicada en el sector Fila Alta del distrito y provincia de Jaén, región Cajamarca a 750 msnm, con coordenadas 5°44'52" S y 78°47'11" W.

##### *Ubicación Política*

Departamento: Cajamarca

Provincia: Jaén

Distrito: Jaén

Sector: Fila Alta

#### **Figura 1**

*Ubicación de la cantera en estudio*



*Fuente: Google Earth, 2021.*

### ***b. Trabajo de Laboratorio.***

Se realizó en las instalaciones de un laboratorio privado de Mecánica de Suelos, Zursan Ingeniería y Construcción E.I.R.L., ubicado en la ciudad de Jaén, el cual se encuentra adscrito y reconocido por el INDECOPI.

### **3.3. Población**

Se elaboró un total de 60 probetas de adobe, correspondiéndole 15 unidades para cada porcentaje de caucho (0%, 1%, 2.5% y 5%).

Bloques con 0% de incorporación de caucho (Testigo)	15 muestras
Bloques con 1% de incorporación de caucho	15 muestras
Bloques con 2.5% de incorporación de caucho	15 muestras
Bloques con 5% de incorporación de caucho	15 muestras
<b>Total de Población o Universo (N)</b>	<b>60 muestras</b>

### **3.4. Muestra**

Como la población es Finita la muestra representativa se calculó con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2(N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

Donde:

N = Total de la población ó universo (en este caso son 60)

$Z_a^2 = 1,96^2$  (si la seguridad es del 95%)

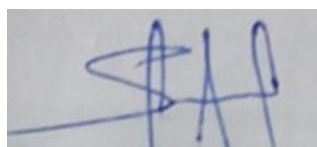
p = proporción esperada (en este caso 5% = 0,05)

q = 1 - p (en este caso 1-0,05 = 0,95)

d = precisión (en este caso deseamos un 5%)

$$n = \frac{60 * 1,96^2 * 0,05 * 0,95}{0,05^2(60 - 1) + 1,96^2 * 0,05 * 0,95}$$

n= 34 muestras



Luego se determinó la fracción muestral  $f$  y posteriormente el tipo de muestra en sus partes.

$$f = n/N$$

$$f = 34/60$$

$$f = 0,57$$

**Tipo de muestra** =  $f$  \* cada estrato del universo

Bloques con 0% de incorporación de caucho (Testigo)  $(0,57*15) = 9$  muestras

Bloques con 1% de incorporación de caucho  $(0,57*15) = 9$  muestras

Bloques con 2.5% de incorporación de caucho  $(0,57*15) = 9$  muestras

Bloques con 5% de incorporación de caucho  $(0,57*15) = 9$  muestras

**Total, de muestra** **36 muestras**

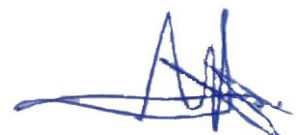
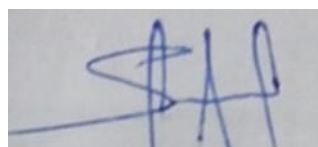
### 3.5. Muestreo

Para esta investigación se realizó un Muestreo Aleatorio Estratificado debido que la población fue dividida en 4 tratamientos (estratos).

### 3.6. Variables de Estudio

**Variable Independiente:** Caucho reciclado 0%, 1%, 2.5% y 5%.

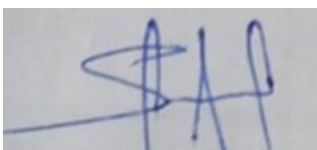
**Variable Dependiente:** Resistencia a la compresión del adobe.



**Tabla 1***Operacionalización de variables*

Variables	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento
Variable Independiente: Caucho Reciclado	Dosis de caucho para cada tratamiento.	Porcentaje de partículas de caucho reciclado respecto al peso seco de la muestra.	Kilogramos	- Formato de Recolección de Datos Observados. - Formatos de Recolección de Resultados.
Variable dependiente: Resistencia a la Compresión del Adobe.	Esfuerzo de compresión de los especímenes ( $f_o$ ).	Fractura de la pieza de adobe sometida al aplastamiento axial.	kg/cm <sup>2</sup>	- Formato de Recolección de Datos observados. - Formatos de Recolección de resultados.

*Fuente:* Elaboración propia, 2021.



### **3.7. Fuentes de Información**

Para esta investigación se utilizó fuentes de investigación primaria, consultando base de datos (INEI, 2017), libros, informes técnicos, artículos científicos, tesis, etc. Asimismo, también se utilizó fuentes de investigación secundaria como manuales, guías, fichas Técnicas, etc. Nos proporcionaron información pertinente y complementaría.

### **3.8. Métodos**

#### ***a. Deductivo***

Este método va desde las premisas generales a las particulares y por deducción se determinan los hechos concretos, dependiendo su veracidad de la validez de los indicios tomados como base (Westreicher, 2020). A esta investigación le corresponde este método por que supone la observación de un fenómeno, para posteriormente formular su hipótesis, y consecuentemente verificar y contrastar dicha hipótesis planteada.

#### ***b. Analítico***

Consiste en la disgregación de un todo descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, naturaleza y los efectos, siendo la observación y examinación, el análisis de un hecho en particular (Hernández, 2017). Para esta investigación le corresponde este método porque se estudió en forma intensiva cada uno de los elementos que la componen y se realizó el análisis de cada parámetro para determinar el porcentaje de caucho que influye en la mayor resistencia a la compresión del adobe.

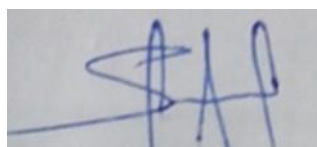
### **3.9. Técnicas**

#### ***a. La observación***

Confronta el fenómeno que se desea comprender y lo describe, toma nota de sus peculiaridades, su entorno y lo detalla. Es el primer paso básico de todo tipo de saber (Editorial Etecé, 2021). A esta investigación le corresponde esta técnica porque en todo momento se prestó atención a todas las características y sucesos hallados en su ejecución, procesamiento y reproducción de datos.

#### ***b. Experimentación***

Es la replicación de un fenómeno natural observado en un ámbito controlado, de manera tal de poder medir, observar y reproducir sus efectos, y así comprender sus causas



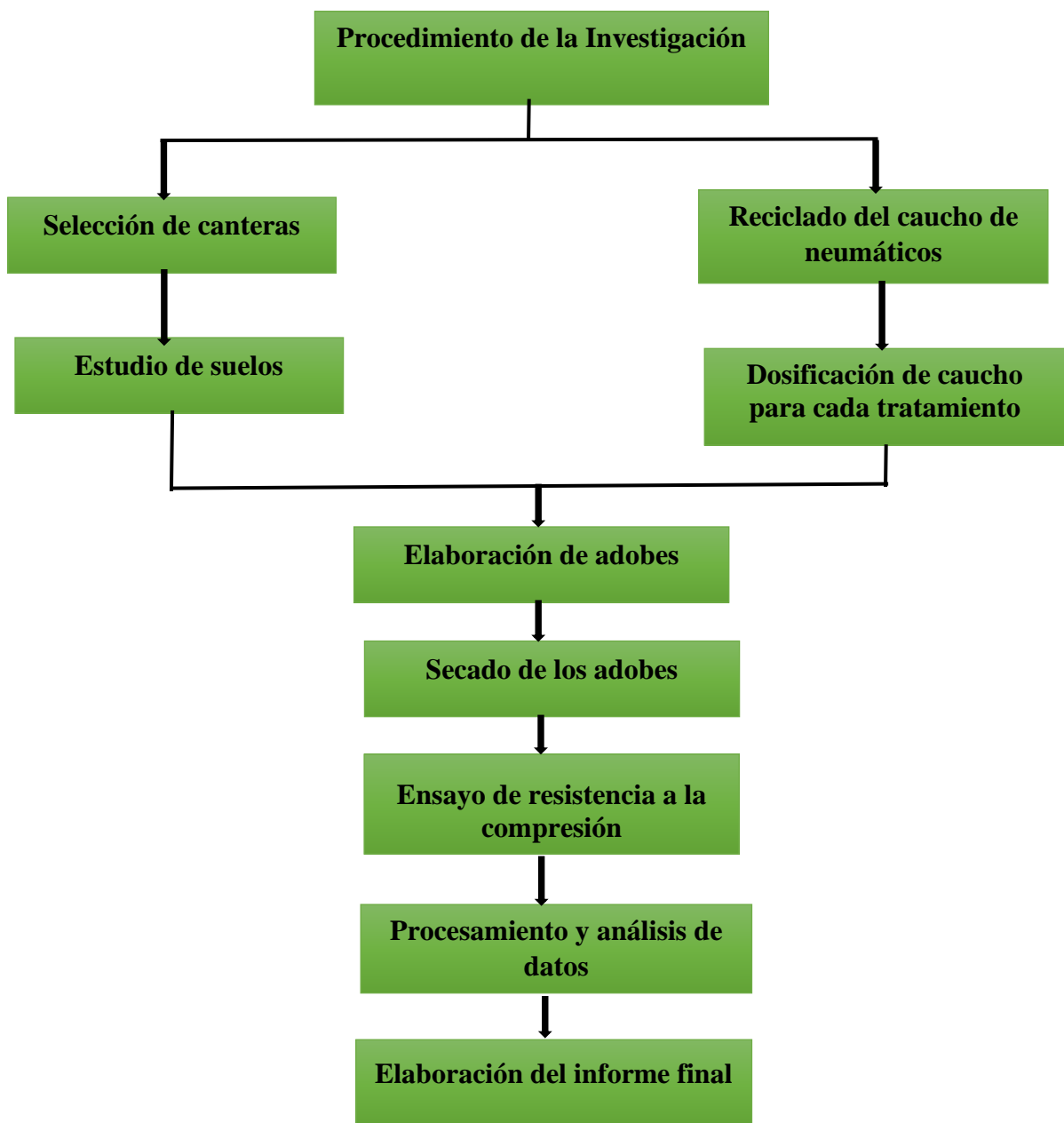


y consecuencias minimizando las variables desconocidas o imprevistas (Editorial Etecé, 2021). A esta investigación le corresponde esta técnica porque fue controlada midiendo, observando y representando sus efectos, pudiendo comprenderse sus causas y consecuencias, minimizando las variables inéditas o inesperadas.

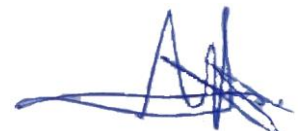
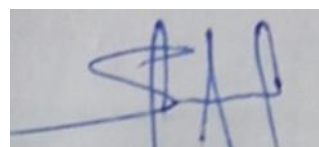
### 3.10. Procedimiento

**Figura 2**

*Flujograma del procedimiento de la investigación*



Fuente: Elaboración propia, 2021.



### ***a. Reconocimiento de Canteras.***

Para la selección del suelo a utilizar en la fabricación de adobes, concurrimos a las canteras del sector de Fila Alta, donde se procedió a la realizar Ensayos de Campo para determinar la cantera más idónea para la producción de adobes.

### ***b. Selección de Canteras.***

Según lo exigido por la Norma E.080 se seleccionó en primera instancia el suelo más adecuado para la elaboración de adobes mediante la aplicación de Pruebas Rápidas de Campo: Prueba de Cinta de Barro y Prueba de Presencia de Arcilla ó Resistencia Seca.

### ***c. Estudio de Suelos.***

Se extrajo una muestra representativa de suelo de la cantera escogida y se realizó a nivel de laboratorio ensayos estándares normalizados, con la finalidad de determinar técnicamente si el suelo a emplear cumple las condiciones exigidas por la Norma E.080, para lo cual siguiendo el Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) se ejecutó los siguientes ensayos normalizados:

#### ***Contenido de Humedad.***

Este ensayo se ejecutó según la Norma MTC E - 108 con el propósito de establecer la correlación mencionada como porcentaje del peso de agua en una masa dada de tierra al peso de las partículas consistentes.

#### ***Granulometría.***

Este ensayo se ejecutó persiguiendo la Norma MTC E - 107 con el propósito de establecer de manera cuantitativa la distribución de tamaños de partículas de los suelos.

#### ***Límites de Consistencia O Atterberg.***

Los límites de consistencia se determinaron empleando el suelo que pasó la malla N°40.

##### ***i. Límite Líquido***

Este ensayo se realizó siguiendo la Norma MTC E -110

##### ***ii. Límite Plástico e Índice de Plasticidad***

Este ensayo se realizó siguiendo la Norma MTC E – 111

#### ***d. Reciclado del Caucho de Neumático***

Las partículas granulares del caucho reciclado que se utilizó para la elaboración de adobes, se obtuvieron de las empresas Reencauchadoras de neumáticos que se encuentran en la ciudad de Jaén, dichas partículas fueron tamizadas por la malla N° 10 (0,2 cm) con la finalidad de homogenizar su tamaño. La obtención del caucho es muy accesible, pues las reencauchadoras tienden a desechar este material como basura sin ningún fin, generando contaminación en el ecosistema.

#### ***e. Dosificación Correspondiente Para Cada Tratamiento***

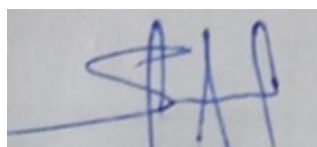
Una vez obtenidas las partículas de caucho en el tamaño deseado, se utilizó una balanza electrónica para hallar los pesos correspondientes a cada tratamiento y pesar sus diferentes porcentajes. Los adobes correspondientes al tratamiento 0% de caucho, se elaboraron con cascara de arroz, los cuales fueron utilizados para ser comparados como testigo.

#### ***f. Fabricación de Adobe***

Una vez seleccionada la cantera con el suelo adecuado para la producción de adobe, se zarandó la tierra antes de preparar el barro, inmediatamente se preparó el sustrato agregando partículas de caucho correspondiente para cada tratamiento, y con el fin de lograr la formación del barro, cuidadosamente se le agregó agua potable asumiendo el balance de no sobrepasar el 20 % en relación al peso del contenido seco, como lo requiere la Norma E. 080. El barro fue bien batido para lograr una buena compactación y evitar bolsas de aire y cuando la mezcla adquirió una consistencia uniforme se la cubrió con un plástico y se la dejó reposar por un periodo de 48 horas (dormido), luego se la vertió en un molde de madera de 10 cm de arista (gavera) sobre un tendal cubierto con arena fina, con el propósito de prevenir restricciones y contracciones durante el proceso de secado. El mismo procedimiento se realizó para la elaboración de adobes con 0% de caucho que fueron considerados como testigos, para los cuales se utilizó cáscara de arroz.

#### ***g. Secado de los Adobes***

El secado del adobe fue lento, protegido de la intemperie, para lo cual se realizó sobre un tendal protegido del sol y del viento por un periodo de 36 días. El tendal se cubrió con arena fina para borrar limitaciones y encogimiento a lo largo del proceso de



secado según como especifica la Norma E.080. Los especímenes de adobe acabados quedaron libres de cuerpos extraños, fisuras u otros deterioros que consigan degradar su resistencia y durabilidad.

Los adobes elaborados fueron 60 en total para los 4 tratamientos, correspondiéndoles 15 para cada porcentaje de caucho, de los cuales seleccionamos aleatoriamente para cada tratamiento solo 9 probetas, haciendo un total de 36 adobes que fueron ensayados a compresión. Las probetas fueron cubos de 10 cm de arista según lo exige la Norma E.080.

#### ***h. Ensayo a Compresión***

Este ensayo se realizó en un laboratorio de Mecánica de Suelos particular, el cual consistió en someter las probetas de adobe a la prueba de resistencia a la compresión con una Máquina de Compresión Universal para romper probetas, y de esta manera determinar cuántos kg/cm<sup>2</sup> resiste cada adobe antes de la rotura, obteniéndose el esfuerzo resistente a la compresión en función al área de la sección transversal de la probeta. Esta prueba se fundamentó en el Apartado 8°, numeral 8.1 de la Norma E. 080 - RNE “Esfuerzos de rotura mínimos”.

#### ***I. Análisis de Datos***

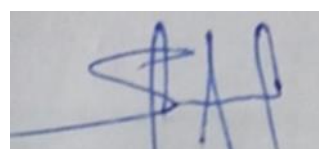
Debido a que la presente investigación es experimental, para el procesamiento de sus datos se utilizó un Diseño Estadístico Completamente al Azar (DCA). Los datos se obtuvieron con la experimentación y observación; clasificando, cuantificando y consignando los acontecimientos pertinentes.

**Tabla 2**

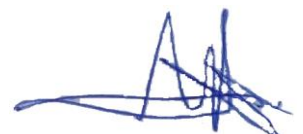
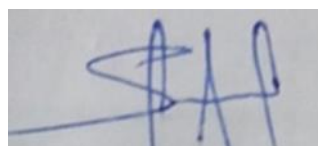
*Diseño experimental DCA (Diseño Completamente al Azar) con 4 tratamientos y 9 repeticiones con arreglo factorial.*

VARIABLE	PORCENTAJES	TRATAMIENTOS
	0%	T1
<b>Porcentajes de caucho reciclado</b>	1%	T2
	2.5%	T3
	5%	T4

*Fuente:* Elaboración propia, 2021.



Las variables fueron medidas una vez finalizada la investigación, se analizaron estadísticamente a través de una prueba de comparación de medias, estas fueron: porcentaje de caucho reciclado y resistencia a la compresión del adobe ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ). Con el objeto de evaluar su incidencia en la resistencia a la compresión, a estos resultados se aplicaron las pruebas estadísticas correspondientes, con un nivel de significancia estadística de  $p < 0,05$ .

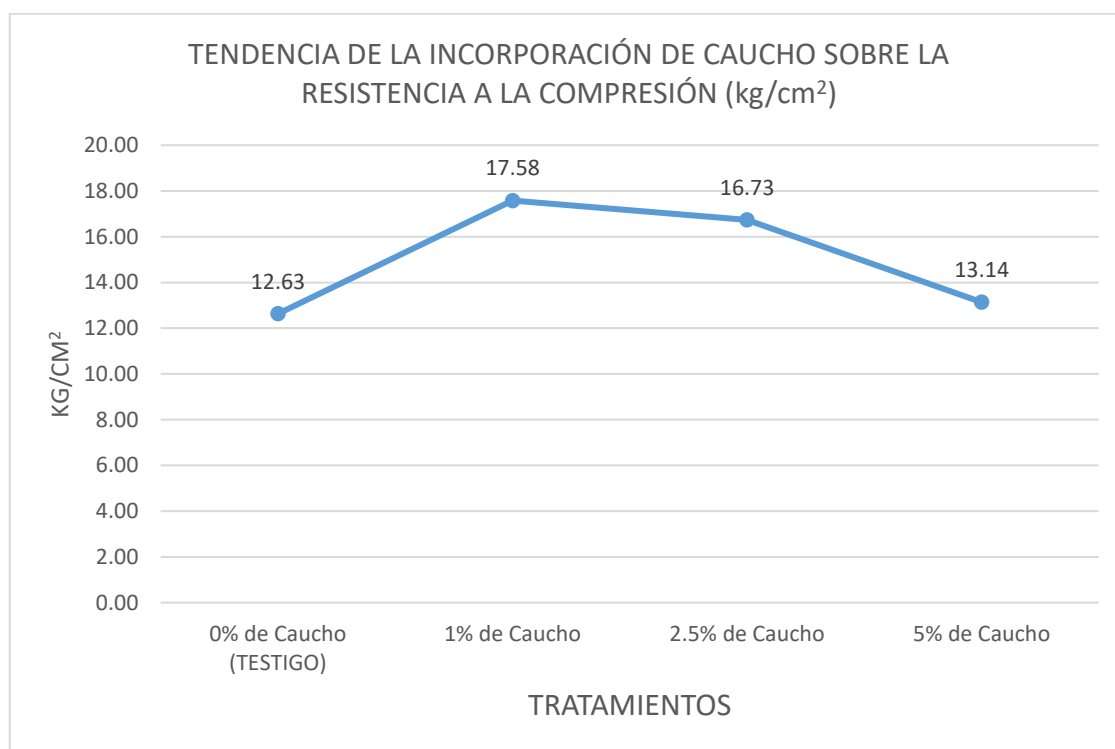


## IV. RESULTADOS

### 4.1. Influencia del Caucho Sobre la Resistencia a la Compresión del Adobe

Figura 3

*Tendencia de la incorporación de caucho sobre la resistencia a la compresión del adobe*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la figura 4 se representa la tendencia de la resistencia a la compresión alcanzada por los cuatro tratamientos, apreciándose que el 1% es el tratamiento que mejora la resistencia del adobe de manera óptima, estando por encima del 2.5%, 5% de caucho y el testigo, de esta manera se evidencia que es factible la incorporación de caucho en mínimas cantidades para mejorar el adobe en cuanto a aumentar su resistencia a la compresión. Además, se puede indicar que habiendo identificado la dosificación óptima de caucho, a medida que aumenta su porcentaje, la tendencia de la resistencia a la compresión tiende a declinarse.

## 4.2. Clasificación del Suelo Para la Fabricación de Adobes

### Pruebas rápidas de campo para selección de canteras

#### *a. Prueba de cinta de barro*

Finalizada la realización de esta prueba la cinta de barro obtuvo una extensión de 21 cm de longitud.

#### *b. Prueba de resistencia seca*

En esta prueba se evidenció que ninguna de las cuatro bolas experimentadas se despedazó, quebró o fisuró.

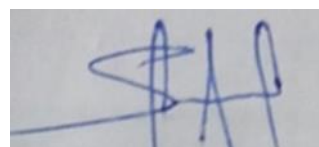
**Tabla 3**

*Resumen de los resultados de ensayos de Suelos. (Anexo 01)*

ENSAYO	RESULTADO
Contenido de Humedad	13.8%
<b>Análisis Granulométrico:</b>	
-Pasa la malla N°200	51.1%
-Pasa la malla N°04	92.8%
Limite Líquido	35.7%
Limite Plástico	24.8%
Índice de Plasticidad	10.9%
Clasificación SUCS	ML

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

La tabla 2 nos manifiesta que el suelo que filtra por la malla N° 200 es 51.1% el cual supera el 50% por lo que consecuentemente es considerado como un suelo fino. El límite líquido es 35.7%, el límite plástico equivale a 24.8%, consecuentemente el índice de plasticidad es 10.9%, y según la Carta de Plasticidad y teniendo en consideración los principios del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se establece que contamos con un Suelo limoso de baja plasticidad (ML).



### 4.3. Elaboración de Adobes con Partículas de Caucho

#### Dosificación del caucho

Todas las probetas se elaboraron con las mismas dimensiones (cubos de 0,1 m de arista) y con el mismo tipo de suelo, solo variaron los porcentajes de adición de caucho. Considerando que:

El Peso Específico del Adobe es =  $1600 \text{ kg/m}^3$

El volumen de cada probeta es  $V = 0,1 \text{ m} * 0,1 \text{ m} * 0,1 \text{ m} = 0,001 \text{ m}^3$

Cantidad de probetas requeridas por tratamiento = 15

Entonces tenemos:

$$1600 \text{ kg/m}^3 * 0,001 \text{ m}^3 * 15 = 24 \text{ kg}$$

**Tabla 4**

*Dosificación de caucho para cada tratamiento.*

Porcentaje	Peso de 15 probetas de adobe (kg)	Peso de fibra de caucho (kg)
1%	24 kg	0,24 kg
2.5%	24 kg	0,6 kg
5%	24 kg	1,2 kg
Testigo	24 kg	Cáscara de arroz

*Fuente:* Elaboración propia, 2021.

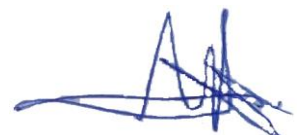
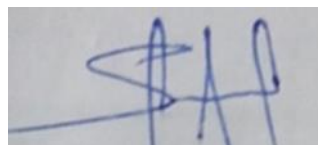
#### Cantidad de agua adicionar al sustrato

Teniendo en cuenta que el Artículo 17 de la Norma E.080 establece que la cantidad de agua requerida para moldear las unidades de adobe, no debe pasar del 20% respecto al peso del contenido seco, se consideró el resultado del ensayo de Contenido de Humedad de la muestra para descontar la cantidad de agua agregar al momento de preparar la mezcla.

Contenido de Humedad = 13.8%

$20\% - 13.8\% = 6.2\%$

$24 \text{ kg} * 6.2\% = 1,48 \text{ kg} \cong 1,48 \text{ litros de agua}$





Siendo esta la cantidad de agua que se adicionó para preparar 15 probetas de adobe para cada tratamiento, considerando que la muestra ya contaba con 13.8% de humedad siendo equivalente a 3,31 litros de agua contenida en el sustrato para preparar los adobes.

#### 4.4. Porcentaje de Caucho que Influye en la Mayor Resistencia a la Compresión

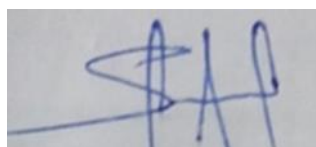
**Tabla 5**

*Resistencia a la compresión de bloques de adobe Testigos. (Anexo 02)*

N° de Muestra	Código Adobe	Largo del Adobe (cm)	Ancho del Adobe (cm)	Área del Adobe (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kgf)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	A1	9,90	9,80	97,02	1195,60	12,32	
2	A2	9,70	9,80	95,06	1435,40	15,10	
3	A3	9,90	9,90	98,01	1201,70	12,26	
4	A4	9,80	9,90	97,02	1238,50	12,77	
5	A5	10,00	9,90	99,00	1276,60	12,89	12,63
6	A6	9,80	10,00	98,00	1234,00	12,59	
7	A7	9,90	9,80	97,02	1213,40	12,51	
8	A8	10,00	10,00	100,00	1019,50	10,20	
9	A9	9,70	9,80	95,06	1234,60	12,99	

*Fuente:* Elaboración propia, 2021.

La tabla 3 manifiesta los resultados de resistencia a la compresión de las probetas de adobe Testigos, los cuales oscilan desde 10,20 kg/cm<sup>2</sup> hasta 15,10 kg/cm<sup>2</sup>, siendo la cuantía media representativa de las 9 muestras 12,63 kg/cm<sup>2</sup>.



**Tabla 6**

*Resistencia a la compresión de bloques de adobe con 1% de incorporación de caucho.  
(Anexo 02)*

N° de Muestra	Código Adobe	Largo del Adobe (cm)	Ancho del Adobe (cm)	Área del Adobe (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kgf)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	B1	10,00	9,90	99,00	2139,70	21,61	
2	B2	9,80	9,90	97,02	1792,10	18,47	
3	B3	9,80	9,70	95,06	1784,60	18,77	
4	B4	9,90	9,90	98,01	1552,00	15,84	
5	B5	10,00	9,90	99,00	1582,50	15,98	17,58
6	B6	9,80	10,00	98,00	1661,80	16,96	
7	B7	9,70	9,80	95,06	1479,80	15,57	
8	B8	9,80	9,90	97,02	1828,30	18,84	
9	B9	9,90	9,90	98,01	1584,50	16,17	

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

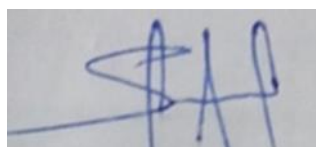
En la tabla 4 se visualiza los resultados de resistencia a la compresión de las probetas de adobe con el 1% de incorporación de caucho, los cuales oscilan desde 15,57 kg/cm<sup>2</sup> hasta 21,61 kg/cm<sup>2</sup>, siendo la cuantía media representativa de las 9 muestras 17,58 kg/cm<sup>2</sup>, el cual es superior al valor promedio de los adobes testigos 12,63 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 7**

*Resistencia a la compresión de bloques de adobe con 2.5% de incorporación de caucho.  
(Anexo 02)*

N° de Muestra	Código Adobe	Largo del Adobe (cm)	Ancho del Adobe (cm)	Área del Adobe (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kgf)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	C1	9,90	9,90	98,01	1597,90	16,30	
2	C2	9,90	9,80	97,02	1590,80	16,40	
3	C3	10,00	10,00	100,00	1460,10	14,60	
4	C4	9,80	9,90	97,02	1689,60	17,41	
5	C5	9,90	9,90	98,01	1307,90	13,34	16,73
6	C6	9,80	9,80	96,04	1489,40	15,51	
7	C7	9,90	10,00	99,00	1498,10	15,13	
8	C8	9,70	9,80	95,06	2080,40	21,89	
9	C9	9,90	9,90	98,01	1960,20	20,00	

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*



La tabla 5 muestra los resultados de resistencia a la compresión de bloques de adobe con 2.5% de incorporación de caucho, cuyos valores ascienden desde 13,34 kg/cm<sup>2</sup> hasta 20,00 kg/cm<sup>2</sup> siendo la cuantía media representativa de las 9 muestras 16,73 kg/cm<sup>2</sup>, siendo superior al promedio de lo adobes testigos e inferior a los adobes elaborados con 1% de caucho.

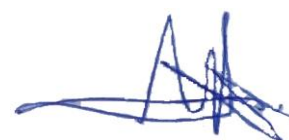
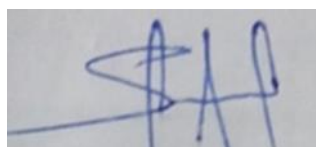
**Tabla 8**

*Resistencia a la compresión de bloques de adobe con 5% de incorporación de caucho.  
(Anexo 02)*

N° de Muestra	Código Adobe	Largo del Adobe (cm)	Ancho del Adobe (cm)	Área del Adobe (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (kgf)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1	D1	9,90	9,80	97,02	1404,10	14,47	
2	D2	9,80	9,90	97,02	1324,50	13,65	
3	D3	10,00	10,00	100,00	867,80	8,68	
4	D4	9,90	10,00	99,00	1186,70	11,99	
5	D5	9,80	9,80	96,04	1239,80	12,91	13,14
6	D6	10,00	9,90	99,00	1330,50	13,44	
7	D7	9,90	9,90	98,01	1203,60	12,28	
8	D8	9,80	9,80	96,04	1546,80	16,11	
9	D9	10,00	9,90	99,00	1463,10	14,78	

*Fuente:* Elaboración propia, 2021.

La tabla 6 muestra los resultados de resistencia a la compresión de bloques de adobe con 5% de incorporación de caucho, los cuales oscilan desde 8,68 kg/cm<sup>2</sup> hasta 16,11 kg/cm<sup>2</sup>, siendo la cuantía media representativa de los 9 especímenes 13,14 kg/cm<sup>2</sup>, el cual supera al promedio de los adobes testigos y es inferior a los adobes elaborados con el 1% y 2.5% de caucho reciclado.



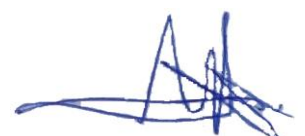
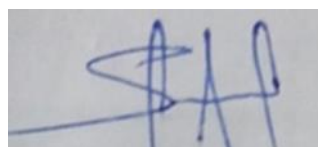
**Figura 4**

*Comparación de la resistencia a la compresión de los cuatro tratamientos*



*Fuente:* Elaboración propia, 2021.

En la tabla 7 y figura 2 se observa que el 1% es la cantidad de caucho que le otorga la mayor resistencia a la compresión a los adobes 17,58 kg/cm<sup>2</sup>, estando 5.1%, 33.79% y 39.19% por encima de los adobes elaborados con 2.5%, 5% de caucho y el testigo respectivamente. Además, también se observa que el testigo es el tratamiento que ofrece la menor resistencia a la compresión 12,63 kg/cm<sup>2</sup>, siendo 39.19%, 32.46% y 4.04% inferior a los adobes elaborados con el 1%, 2.5% y 5% de caucho respectivamente.



#### 4.5. Comparación de la Resistencia a la Compresión de los Adobes Elaborados con la Norma E.080

Figura 5

Comparación de la resistencia a la compresión de los cuatro tratamientos con la Norma E.080



Fuente: Elaboración propia, 2021.

En la tabla 7 y figura 4 se observa que todas las resistencias obtenidas por los tratamientos aplicados, superan a la resistencia exigida por la Norma E.080 que es 10,20 kg/cm<sup>2</sup>, cuyo valor es inferior en un 72.35%, 64.02%, 28.82% y 23.82% con respecto a los adobes elaborados con 1%, 2.5%, 5% de caucho y el testigo respectivamente, por lo tanto técnicamente es viable la aplicación de estos tratamientos para la fabricación de adobes

## Análisis Estadístico

**Tabla 10**

*Resultado del Análisis de varianza (ANOVA). (Anexo 04)*

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F cal.	F tab. (F $\alpha$ )
Entre tratamiento	3	168,59	56,20	<b>13,00</b>	<b>3,48</b>
Dentro de la muestra (error)	32	138,31	4,32		
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>306,90</b>			

*Fuente:* Elaboración propia, 2021 (Software Excel 2013).

Según la tabla 8 muestra que el  $F_{cal} > F_{\alpha}$ , por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencias significativas entre los tratamientos aplicados para esta investigación, y por lo menos uno o más tratamientos son diferentes a los demás estadísticamente, a un nivel de significancia del 5 %, procediéndose a aplicar la prueba de comparación de medias Tukey.

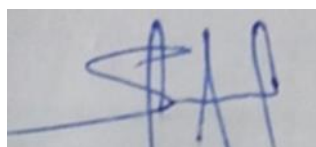
**Tabla 11**

*Resumen de la prueba de comparación de medias Tukey. (Anexo 04)*

Tratamiento	Promedio	Agrupación
<b>T2 (1%)</b>	<b>17,58</b>	<b>A</b>
<b>T3 (2.5%)</b>	<b>16,73</b>	<b>A</b>
<b>T4(5%)</b>	<b>13,14</b>	<b>B</b>
<b>T1 (testigo)</b>	<b>12,63</b>	<b>B</b>

*Fuente:* Elaboración propia, 2021 (Software Excel 2013).

Después de realizada la prueba de comparación de medias Tukey, la tabla 9 nos indica que el 1% y 2.5% de incorporación de caucho en el adobe es estadísticamente superior al 5% y al testigo a un nivel de confianza del 95 %; inversamente aún, existe la probabilidad del 5 % que todos los porcentajes de caucho incorporado al adobe sean semejantes o que generen el mismo efecto.



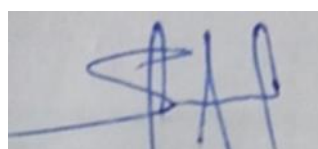
## V. DISCUSIÓN

### **Influencia del Caucho Sobre la Resistencia a la Compresión del Adobe**

De acuerdo a los resultados se observa que la incorporación de fibra granular de 0,2 cm de caucho en cantidades optimas mejora la resistencia a la compresión del adobe, debido a la poca porosidad que estas partículas poseen producto de su tamaño diminuto, puesto que se presenta como un material estabilizador fino que genera menores puntos de falla, otorgándole un comportamiento de elasticidad y flexibilidad a la pieza antes de la rotura, generándole una falla dúctil, no difiriendo con la investigación de Pérez y Arrieta (2017) quienes estudiaron mezclas de concreto tradicional con 5% de caucho fino y caucho grueso en función al peso de la muestra, concluyendo que el tamaño de las partículas de caucho afecta directamente a la resistencia a la compresión, disminuyéndola proporcionalmente a medida que el tamaño de las partículas aumenta; y que el caucho fino ofrece mejores resultados debido al poco espacio que este ofrece entre sus partículas y su poca porosidad.

### **Clasificación del Suelo Para la Fabricación de Adobes**

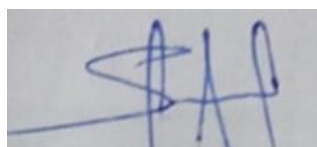
Al culminar la realización de las pruebas rápidas de campo (según la Norma E.080) para comprobar en primera pretensión si el material de la cantera elegida es apropiado para la elaboración de adobes, se obtuvo como efecto que en la Prueba de Cinta de Barro esta logró una longitud de 21 cm, y en la Prueba de Resistencia Seca ninguna de las muestras se quebrantó, despedazaron o abrieron, estableciéndose que dicha cantera ofrece un sustrato apropiado para la fabricación de adobes. Con los datos obtenidos de estas pruebas se continuó a ejecutar ensayos de laboratorio para poseer mayor información acerca del suelo con el que se ejecutaría la presente investigación, determinándose que según la Carta de Plasticidad y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) lo clasifica como un Suelo limoso de baja plasticidad (ML) adecuado para la elaboración de adobes según la Norma E.080, no difiriendo con la investigación de Lozano y Zurita (2019) quienes también manipularon material fino de esa localidad y ejecutaron los mismos ensayos de campo guiándose de la Norma, alcanzando resultados confiables y aproximados a los de esta investigación, ultimando que el suelo experimentado fue adecuado para la fabricación de los adobes en su investigación y es de fundamental importancia e indispensable la realización de estas pruebas de campo para la elaboración de estas piezas de construcción.



## Elaboración de Adobes con Partículas de Caucho

Se obtuvo que el Contenido de Humedad del sustrato original utilizado en esta investigación fue de 13.8%, este resultado se tomó en consideración para descontar el importe de agua a adicionar a la mezcla al momento de conformar el barro para fabricar el adobe, motivo que la Norma E.080 exige que el agua contenida en el material no debe despuntar el 20% con relación a la masa del contenido seco. Para esta investigación se consideró de vital importancia cumplir con este criterio exigido por la Norma, puesto que el agua es el agente que admite que se forjen las reacciones químicas de los estabilizantes y las arcillas, y además es el elemento que permite que el sustrato gane plasticidad fundamentalmente mediante su hidratación por parte de la arcilla. Consecuentemente, la cantidad de humedad adicionada a la mezcla aseveró una plasticidad suficiente impidiendo su exceso y defecto, ya sea dejándola excesivamente fluida la mezcla y así estimulando una baja resistencia, o dejándola disgregada por la escasa cohesión entre sus partículas; siendo este el factor que agiliza las propiedades de los demás componentes para generar la pieza de tierra sólida y bien conformada.

La trabajabilidad es una propiedad sustancial en la composición del barro para la fabricación de adobes. Durante su proceso de elaboración se evidenció que la mezcla no se notó afectada por la añadidura del caucho reciclado, es decir el caucho se combinó con los demás componentes sin ninguna variación perjudicial, siendo esta una de las principales inquietudes al adicionar este material como estabilizador, puesto que usualmente se muestran inconvenientes al instante de desencofrar los especímenes con el molde de madera (gavera) ya que el barro tiende a adherirse en sus paredes afectando su trabajabilidad. Sin embargo, para esta investigación fue posible la fabricación de adobes con añadidura de caucho de manera eficiente, puesto que la fibra adicionada fue de forma y tamaño granular similar a la tierra brindando una estructura muy homogénea y con pocos vacíos, no creando inconvenientes en su trabajabilidad; y de esta manera no difiriendo con la investigación de Guzmán y Guzmán (2015) quien desarrolló mezclas de concreto sustituyendo sus áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados, con el fin de encontrar un uso óptimo al caucho y utilizarlo en aplicaciones ingenieriles, indicando que sus resultados obtenidos muestran que la trabajabilidad del concreto fue poco afectado por la adición del caucho reciclado debido a que la densidad del caucho es menor a la densidad de la arena y de la grava y de esta manera aumentando la fluidez de la mezcla sin ningún obstáculo, concluyendo que la trabajabilidad es una característica

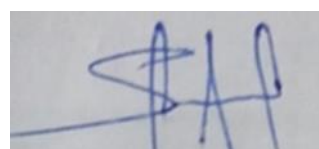




esencial para la mezcla del concreto que se mide en estado fresco y su medida predice si la mezcla puede ser utilizada o no para la aplicación en la construcción.

### **Porcentaje de Caucho que Influye en la Mayor Resistencia a la Compresión**

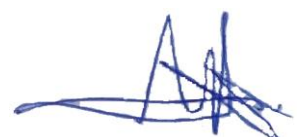
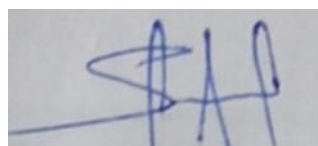
Según los resultados se evidencia que la dosificación óptima que le otorga la mayor resistencia a la compresión al adobe es el tratamiento con 1% de caucho 17,58 kg/cm<sup>2</sup> siendo superior al testigo y la Norma E.080 en 39.19% y 72.35% respectivamente. También se observa que el 5% es la dosificación que le genera menor resistencia a la compresión al adobe 13,14 kg/cm<sup>2</sup>, y que la incorporación de caucho en volúmenes superiores al 1% disminuye paulatinamente su resistencia a la compresión, por lo tanto, se puede indicar que a medida que el porcentaje de caucho supera al 1%, la resistencia a la compresión del adobe tiende a disminuir, esto es debido a que un formidable volumen de caucho en el adobe le origina una considerable escasa adhesión de estas partículas con la mezcla de barro que lo rodea, generándole debilitamiento y puntos de falla a la probeta, provocando rápidamente la propagación de fisuras alrededor del caucho, y de esta manera disminuyendo la capacidad de resistir cargas a la muestra, no difiriendo con la investigación de Valdez (2018) quien estudió el aplastamiento axial de adobes compactados con la incorporación de caucho de neumáticos en proporciones de 0 %, 1 %, 2.5 % y 5 % del peso del material, concluyendo que, a mayor incorporación de caucho triturado en el adobe compactado, la resistencia a compresión axial disminuye. Además, también coincide con la investigación de Mantilla (2018) quien estudió la variación de las propiedades físico-mecánicas del adobe con adición de caucho en un 2%, 3% y 5% obteniendo como resultado que la dosificación óptima la ofreció el menor volumen de caucho incorporado 2% obteniendo valores por encima del adobe tradicional y la Norma E. 080 y a medida que progresivamente le adicionó mayor volumen de caucho la resistencia fue disminuyendo paulatinamente, concluyendo que la incorporación de caucho en cantidades óptimas favorece a las propiedades mecánicas del adobe, y que conforme aumenta la incorporación de caucho reciclado en el adobe la resistencia a la compresión tiende a un declive negativo.



## **Comparación de la Resistencia a la Compresión de los Adobes Elaborados con la Norma E.080**

La Norma E.080 demanda que la resistencia a la compresión mínima del adobe es  $\geq 10,2 \text{ kg/cm}^2$ , por lo que esta investigación lo supera en todos sus tratamientos, siendo el valor mínimo obtenido por el tratamiento con 0% de caucho (testigo)  $12,63 \text{ kg/cm}^2$ ; y el mayor valor lo presenta el tratamiento con 1% de caucho  $17,58 \text{ kg/cm}^2$ , por lo tanto se puede mencionar que legalmente se aceptan todos los tratamientos aplicados en esta investigación para la elaboración de adobes, por ser superiores a la resistencia a la compresión mínima que exige la Norma. Además, también se debe indicar que, con respecto a la hipótesis planteada, esta se cumple ya que según los resultados se evidencia que la incorporación de caucho le genera un aumento en la resistencia a la compresión del adobe, puesto que todos los tratamientos con caucho superan al testigo, siendo estas muestras equivalentes a los adobes artesanales, convencionales de uso habitual.

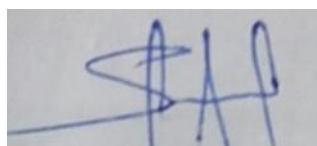
Ademas debemos mencionar que los resultados de esta investigación son hasta mas de 10 veces inferior de la resistencia a la compresión para ladrillos de arcilla cocida de Clase V según la NTP E.070, cuya mayor resistencia al aplastamiento axial mínimo es  $180 \text{ kg/cm}^2$ ; no difiriendo de la investigación de Arroyo *et al* (2013), cuyo estudio consistió en comprobar las propiedades mecánicas de mampuestos de adobe en México, consiguiendo como resultado final que los bloques de adobe estudiados obtuvieron una resistencia mecánica al aplastamiento axial bastante baja, estando 10 veces menos en comparación con la mampostería de arcilla cocida.



## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

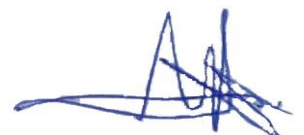
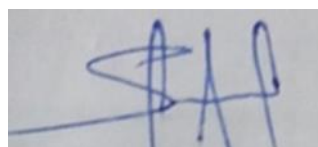
### 6.1. Conclusiones

- Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la Carta de Plasticidad, el sustrato extraído de la cantera del sector Fila Alta es un Suelo limoso de baja plasticidad (ML), el cual es apropiado para la fabricación de adobes, cumpliendo con las perspectivas que requiere la Norma E.080.
- Fue posible la fabricación de adobes con partículas de caucho, pues la mezcla no se vio afectada por su añadidura, no generando inconvenientes en su trabajabilidad, permitiendo combinarse con otros componentes sin ningún perjuicio, debido a que la fibra adicionada fue de tamaño y forma granular similar a la tierra.
- El 1% es la dosificación de caucho que influye en la mayor resistencia a la compresión del adobe, soportando 17,58 kg/cm<sup>2</sup> siendo 5.08 %, 33.79%, y 39.19% superior a los adobes elaborados con el 2.5%, 5% de caucho y el testigo respectivamente, quienes alcanzaron valores de 16,73 kg/cm<sup>2</sup>; 13,14 kg/cm<sup>2</sup> y 12,63 kg/cm<sup>2</sup> correspondientemente
- Según los resultados obtenidos, se determina que todos los tratamientos aplicados a los adobes superan a la resistencia a la compresión mínima exigida por la Norma E.080 que es 10,2 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, es viable la incorporación de caucho para la elaboración de adobes.



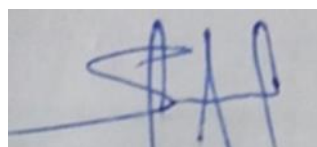
## 6.2. Recomendaciones

- Aplicar los mismos tratamientos de esta investigación para bloques comprimidos con una máquina prensadora CINVA RAM, con la finalidad de mejorar la adhesión y cohesión entre los componentes del adobe.
- Ejecutar investigaciones de resistencia a la compresión de adobes elaborados con suelos de diferentes canteras.
- Realizar otras investigaciones incorporando diferentes tipos de residuos, orgánicos e inorgánicos al adobe, y en distintas dosificaciones a la de esta investigación.
- Secar el adobe alternando sus posiciones de asentado para que estos puedan secarse uniformemente y no sufrir contracciones considerables en alguna de sus aristas.
- Remojar el molde de madera (gavera) por más 24 horas antes del moldeado y desencofrado de los adobes, para asegurar que el barro no se pegue en sus paredes.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, N. (2011). *Utilización de Fibras de Caucho de Neumáticos Reciclados en la Elaboración de Bloques de Mampostería Para Mitigar el Impacto Ambiental en el Cantón Ambato*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/4346>.
- Arroyo, R., Sánchez, S., y Catalán, P. (2013). *Caracterización Experimental de las Propiedades Mecánicas de la Mampostería de Adobe del Sur de México*. Ingeniería – Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Vol. 17, No. 3, 2013, ISSN 1665-529-X. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46730914001.pdf>
- Diario El Peruano. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017). *Norma E.080-RNE. Diseño y Construcción con Tierra Reforzada*. Anexo - Resolución ministerial n° 121-2017-vivienda. Normas Legales. [https://procurement-notices.undp.org/view\\_file.cfm?doc\\_id=109376](https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376)
- Editorial Etecé. (2021, 07 de octubre). "Técnicas de investigación". <https://concepto.de/tecnicas-de-investigacion/>
- Guzmán, Y. y Guzmán, E. (2015). *Sustitución de los Áridos por Fibras de Caucho de neumáticos Reciclados en la Elaboración de Concreto Estructural en Chimbote-2015*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2717/42984.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, G. (2017, diciembre). *Método Analítico*. [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/b\\_huejutla/2017/Metodo\\_Analitico.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/b_huejutla/2017/Metodo_Analitico.pdf).
- INEI, (2017). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Lima - Perú. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>
- Lozano, J. y Zurita, A. (2019). *Resistencia a la Compresión y Absorción del Adobe Estabilizado con Confitillo Jaén - Cajamarca* [Tesis de Grado. Universidad Nacional de Jaén]. <http://m.repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/99>
- Manrique, J. (2016). *Evaluación de niveles de cascara de arroz y su influencia sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de adobe*. Zungaro Cocha, 2016. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5346>
- Mantilla, J. (2018). *Variación de las Propiedades Físico Mecánicas del Adobe al Incorporar Viruta y Caucho*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1996/TESIS-VARIACION%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20FISICO%20MEC>



ANICAS%20DEL%20ADOBE%20AL%20INCORPORAR%20VIRUTA%20Y%20CAUCHO.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Las%20propiedades%20f%C3%ADsico%20mec%C3%A1nicas%20del,durabilidad%20ante%20condiciones%20de%20saturaci%C3%B3n.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*.

Edición mayo del 2016.  
[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)

Municipalidad Provincial de Jaén (26 de marzo del 2021). *Erradicamos 114 Toneladas de Llantas en Desuso y Eliminamos Criaderos del Zancudo Transmisor del Dengue, Zika y Chinkungunya*. <https://www.munijaen.gob.pe/noticias/>

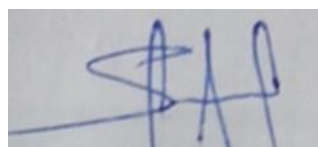
Pérez, J. y Arrieta, Y. (2017). *Estudio Para Caracterizar una Mezcla de Concreto con Caucho Reciclado en un 5% en Peso Comparado con una Mezcla de Concreto Tradicional De 3500 Psi*. [Tesis de Grado, Universidad Católica de Colombia].  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15486/1/Tesis.pdf>

Perez, M., y Pérez, R. (2020). *Evaluación de la Resistencia a la Compresión del Adobe Tradicional a los 20; 28 Y 36 Días de Secado en la Ciudad De Jaén – Cajamarca*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Jaén].  
[http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/273/Perez\\_CMA\\_P%C3%A9rez\\_CRJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/273/Perez_CMA_P%C3%A9rez_CRJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ruiz, J. y Vidal, F. (2014). *Caracterización Mecánica de Piezas de Adobe Fabricado En La Región De Tuxtla Gutiérrez*. Espacio ID Innovación más Desarrollo, 4 (7), 130-154. doi: 10.31644/IMASD.7.2015.a05

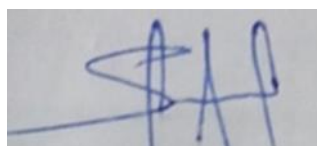
Valdez, K. (2018). *Resistencia a La Compresión Axial del Adobe Compactado con la Incorporación de Porcentajes de Caucho Triturado de Neumáticos*. [Tesis de Grado, Universidad Privada del Norte].  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21030>

Westreicher, G. (2020, 19 de mayo). *Método Deductivo*. Recuperado 25 de octubre de 2020, de <https://economipedia.com/definiciones/metodo-deductivo.html#referencia>.



## AGRADECIMIENTO

A la Dra. Ing. Zadith Nancy Garrido Campaña asesora de la presente investigación, por el tiempo que nos dedicó en la orientación, y el apoyo incondicional en su desarrollo; al Ing. Marcel Angel Perez Concha también asesor de esta investigación por los conocimientos impartidos para la formulación y ejecución de esta tesis; a las instituciones que de alguna manera contribuyeron para facilitarnos el acceso a los materiales y equipos necesarios para hacer posible la ejecución del proyecto de investigación; a nuestro jurado evaluador por su compromiso y apoyo en el perfeccionamiento de esta investigación; y a nuestra casa superior de estudios la Universidad Nacional de Jaén y su personal que día a día labora en ella para hacer de esta casa cada día un lugar mejor.



## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis padres Walter y Carmen por ser el pilar de mi formación profesional, a mis hermanos Walter y Katerine por su apoyo incondicional, a mi enamorada verónica por estar a mi lado en las buenas y en las malas, a mis abuelos José, Bernabé, Angelita y Hermelinda que está en el cielo, por ser parte de mi formación desde pequeño, a todos los docentes que han contribuido a lo largo de mi formación universitaria. Todos ellos me apoyaron para poder llegar hasta estas instancias.

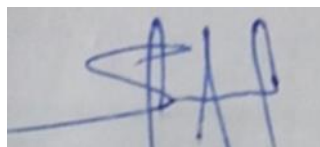
**Erick**

A mis padres por llenar mi vida de amor y ser mi fuente de sabiduría y entendimiento, e impulsarme a esforzarme para ser una persona profesional, y fue que gracias a ellos llegué hasta esta meta.

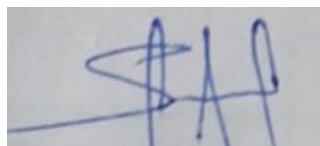
**Samuel**



# ANEXOS



**Anexo 01: Resultados de ensayos de suelo**





**MECÁNICA DE SUELOS,  
TECNOLOGÍA DEL  
CONCRETO Y ASFALTO**

PSJE CAHUIDE N° 140  
Cel. 920994280  
Jaen - cajamarca  
RUC: 20605055240  
INDECOPI: 00124908  
zursan.19inc@gmail.com

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO  
(NORMA MTC E 108, ASTM D 2216)**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**TESIS:** "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE ARTESANAL, JAÉN – CAJAMARCA, 2021"  
**UBICACIÓN:** SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA  
**SOLICITA:** CALDERÓN VASQUEZ ERICK MARLON  
FLORES AÑORGA SAMUEL ELI **FECHA:** JUNIO DEL 2021

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA:** C-1 **PROFUND. (M.)** 0.20 m. - 1.50 m.  
**MUESTRA:** M-1 **CLASIFICACIÓN:** ML  
**CODIGO DE MUESTRA:** 27-ZURSAN-INC-21

MUESTRA	1	2	3	
SUELO HUMEDO + CAPSULA	254.0	247.0	240.0	
PESO SUELO SECO + CAPSULA (gr.)	223.0	217.0	211.0	
PESO DE CAPSULA (gr.)	0.0	0.0	0.0	
PESO DEL AGUA	31.0	30.0	29.0	
PESO DE SUELO SECO	223.0	217.0	211.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	13.90	13.82	13.74	

**PROMEDIO % DE HUMEDAD :** 13.8

**Observaciones:** -

ZURSAN INGENIEROS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.

*Luis M. Fauma Muñoz*  
Luis M. Fauma Muñoz  
TÉCNICO LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO



*Menandro Ruíz Alberca*  
Ing. Menandro Ruíz Alberca  
CIP: 243354

INGENIERO RESPONSABLE



# MECÁNICA DE SUELOS, TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y ASFALTO

PSJE CAHUIDE N° 140  
Cel. 920994280  
Jaen - cajamarca  
RUC: 20605055240  
INDECOPI: 00124908  
zursan.19inc@gmail.com

## LÍMITES DE CONSISTENCIA

(NORMA MTC E 110, ASTM D4318, AASHTO T89; MTC E 111, ASTM D4318, AASHTO T90)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**TESIS:** "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO REICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE ARTESANAL, JAÉN – CAJAMARCA, 2021"

**UBICACIÓN:** SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA  
**SOLICITA:** CALDERÓN VASQUEZ ERICK MARLON

FLORES AÑORGA SAMUEL ELI

**FECHA:** JUNIO DEL 2021

### DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA:	C-1	CLASIFICACIÓN:	ML
MUESTRA:	M-2	PROFUND. (M.)	0.20 m. - 1.50 m.
CODIGO DE MUESTRA:	28-ZURSAN-INC-21		

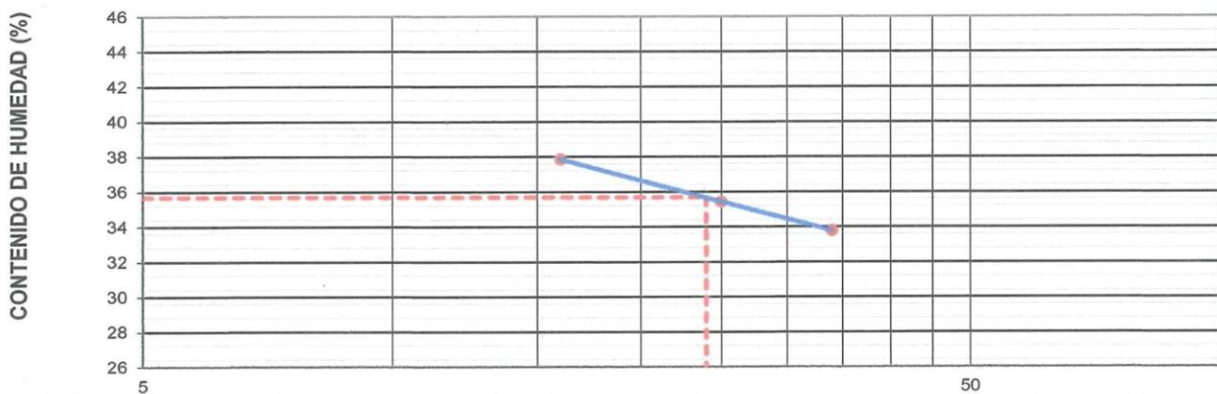
### LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	1	2	3	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	24.00	23.70	24.20	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	21.20	21.10	21.60	
PESO DE AGUA (g)	2.80	2.60	2.60	
PESO DEL TARRO (g)	13.80	13.76	13.90	
PESO DEL SUELO SECO (g)	7.40	7.34	7.70	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	37.84	35.42	33.77	
NUMERO DE GOLPES	16	25	34	

### LIMITE PLASTICO

N° TARRO	3	4		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	20.50	20.90		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	19.20	19.50		
PESO DE AGUA (g)	1.30	1.40		
PESO DEL TARRO (g)	14.00	13.80		
PESO DEL SUELO SECO (g)	5.20	5.70		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)	25.00	24.56		

### CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



#### CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	35.7
LIMITE PLASTICO	24.8
INDICE DE PLASTICIDAD	10.9

**Observaciones:**

ZURSAN INGENIEROS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.

*Luis M. Tauma Muñoz*  
TÉCNICO LABORATORIO  
TÉCNICO DE LABORATORIO



*Ing. Menandro Nuñez Alberca*  
CIP: 243354

INGENIERO RESPONSABLE





## MECÁNICA DE SUELOS, TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y ASFALTO

PSJE CAHUIDE N° 140  
Cel. 920994280  
Jaen - cajamarca  
RUC: 20605055240  
INDECOPI: 00124908  
zursan.19inc@gmail.com

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E 107, ASTM D422, AASTHO T88)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**TESIS:** "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE ARTESANAL, JAÉN – CAJAMARCA, 2021"

**UBICACIÓN:** SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA

**SOLICITA:** CALDERÓN VASQUEZ ERICK MARLON  
FLORES AÑORGA SAMUEL ELI

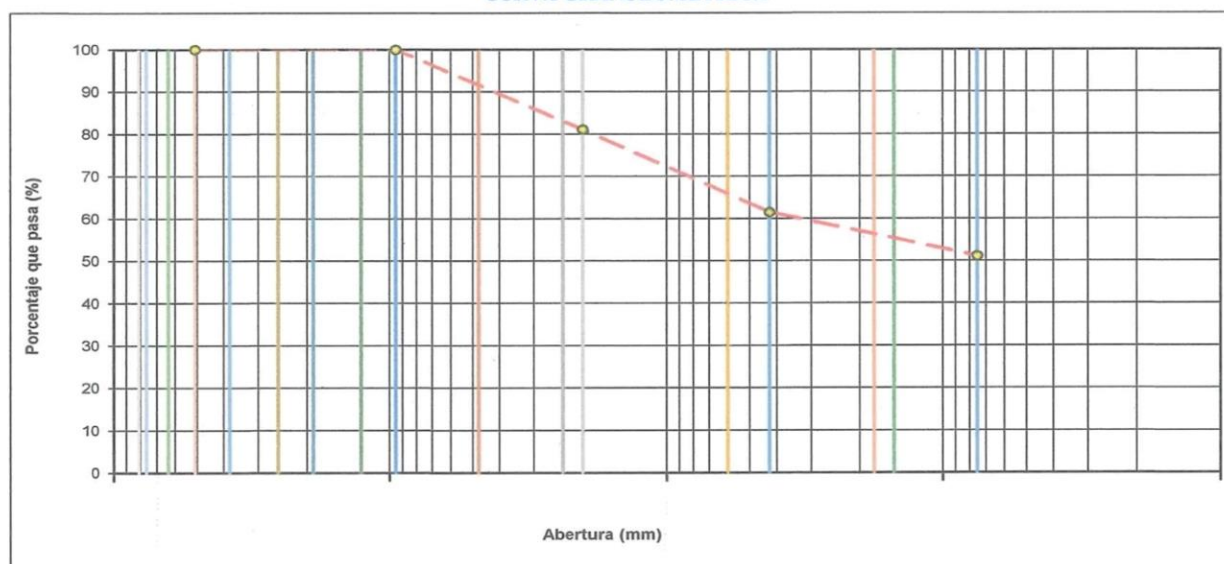
**FECHA:** JUNIO DEL 2021

#### DATOS DE LA MUESTRA

**CALICATA:** C-1 **FRACCIÓN SECA** 750.0 gr.  
**MUESTRA:** M-3  
**CODIGO DE MUESTRA:** 29-ZURSAN-INC-21 **PROFUND. (M.)** : 0.20 m. - 1.50 m.

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO		PORCENTAJE		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
		RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	QUE PASA	
3 1/2"	80.89					
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					%Peso Material >4: 7.2%
2"	50.800		0.0	0.0	100.0	% Peso Material <4: 92.8%
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	Límite Líquido (LL): 35.7
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	Límite Plástico (LP): 24.8
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0	Índice Plástico (IP): 10.9
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0	Clasificación(SUCS): ML
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	Clasific.(AASHTO): A-6 (4)
Nº 4	4.750	54.3	7.2	7.2	92.8	
Nº 10	2.000	88.0	11.7	19.0	81.0	Contenido de Humedad (%): 13.8
Nº 16	1.190		0.0	19.0	81.0	Materia Orgánica :
Nº 20	0.840	73.2	9.8	28.7	71.3	Índice de Consistencia :
Nº 30	0.600		0.0	28.7	71.3	Índice de Liquidez :
Nº 40	0.425	73.2	9.8	38.5	61.5	Descripción del (IC) :
Nº 60	0.300	26.5	3.5	42.0	58.0	
Nº 80	0.177		0.0	42.0	58.0	
Nº 100	0.150	39.0	5.2	47.2	52.8	OBSERVACIONES :
Nº 200	0.075	12.4	1.7	48.9	51.1	
< Nº 200	FONDO	383.40	51.1	100.0		

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

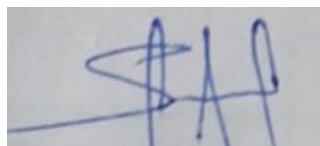
ZURSAN INGENIEROS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.

*Luis M. Tauma Muñoz*  
Luis M. Tauma Muñoz  
TÉCNICO LABORATORIO  
TÉCNICO DE LABORATORIO



*Ing. Menandro Nuñez Alberca*  
Ing. Menandro Nuñez Alberca  
CIP: 243354  
INGENIERO RESPONSABLE

**Anexo 02: Resultados de ensayos de resistencia a la compresión**





**MECÁNICA DE SUELOS,  
TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y  
ASFALTO**

PSJE CAHUIDE N° 140  
Cel. 920994280  
Jaén - cajamarca  
RUC: 20605055240  
INDECOPI: 00124908  
zursan.19inc@gmail.com

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE  
(NORMA E.080 - RNE)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE ARTESANAL, JAÉN – CAJAMARCA, 2021"  
UBICACIÓN: SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA  
SOLICITA: CALDERÓN VASQUEZ ERICK MARLON  
FLORES AÑORGA SAMUEL ELI  
FECHA: AGOSTO DEL 2021

TRATAMIENTO 01

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE ADOBE CON 0% DE INCORPORACIÓN DE CAUCHO  
(TESTIGO)**

N° de Muestra	Código Adobe	Largo del Adobe (cm)	Ancho del Adobe (cm)	Área del Adobe (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (Kgf)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	A1	9.90	9.80	97.02	1195.60	12.32	12.63
2	A2	9.70	9.80	95.06	1435.40	15.10	
3	A3	9.90	9.90	98.01	1201.70	12.26	
4	A4	9.80	9.90	97.02	1238.50	12.77	
5	A5	10.00	9.90	99.00	1276.60	12.89	
6	A6	9.80	10.00	98.00	1234.00	12.59	
7	A7	9.90	9.80	97.02	1213.40	12.51	
8	A8	10.00	10.00	100.00	1019.50	10.20	
9	A9	9.70	9.80	95.06	1234.60	12.99	

Observaciones:

ZURSAN INGENIEROS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.  
  
Luis M. Tauma Muñoz  
TÉCNICO LABORATORIO  
TÉCNICO DE LABORATORIO



Ing. Menandro Nuñez Alberca  
CIP: 243354

INGENIERO RESPONSABLE





**MECÁNICA DE SUELOS,  
TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y  
ASFALTO**

PSJE CAHUIDE N° 140  
Cel. 920994280  
Jaén - cajamarca  
RUC: 20605055240  
INDECOPI: 00124908  
zursan.19inc@gmail.com

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE  
(NORMA E.080 - RNE)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO REICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE ARTESANAL, JAÉN – CAJAMARCA, 2021"

UBICACIÓN: SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA

SOLICITA: CALDERÓN VASQUEZ ERICK MARLON  
FLORES AÑORGA SAMUEL ELI

FECHA: AGOSTO DEL 2021

TRATAMIENTO 02

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE ADOBE CON EL 1% DE INCORPORACIÓN DE CAUCHO**

N° de Muestra	Código Adobe	Largo del Adobe (cm)	Ancho del Adobe (cm)	Área del Adobe (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (Kgf)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	B1	10.00	9.90	99.00	2139.70	21.61	17.58
2	B2	9.80	9.90	97.02	1792.10	18.47	
3	B3	9.80	9.70	95.06	1784.60	18.77	
4	B4	9.90	9.90	98.01	1552.00	15.84	
5	B5	10.00	9.90	99.00	1582.50	15.98	
6	B6	9.80	10.00	98.00	1661.80	16.96	
7	B7	9.70	9.80	95.06	1479.80	15.57	
8	B8	9.80	9.90	97.02	1828.30	18.84	
9	B9	9.90	9.90	98.01	1584.50	16.17	

Observaciones:

ZURSAN INGENIEROS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.

Luis M. Tauma Muñoz  
TÉCNICO LABORATORIO

TÉCNICO DE LABORATORIO



Ing. Merandro Nuñez Alberca  
CIP: 243354

INGENIERO RESPONSABLE





**MECÁNICA DE SUELOS,  
TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y  
ASFALTO**

PSJE CAHUIDE N° 140  
Cel. 920994280  
Jaén - cajamarca  
RUC: 20605055240  
INDECOPI: 00124908  
zursan.19inc@gmail.com

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE  
(NORMA E.080 - RNE)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE ARTESANAL, JAÉN – CAJAMARCA, 2021"

UBICACIÓN: SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA

SOLICITA: CALDERÓN VASQUEZ ERICK MARLON  
FLORES AÑORGA SAMUEL ELI

FECHA: AGOSTO DEL 2021

TRATAMIENTO 03

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE ADOBE CON EL 2.5% DE INCORPORACIÓN DE CAUCHO**

N° de Muestra	Código Adobe	Largo del Adobe (cm)	Ancho del Adobe (cm)	Área del Adobe (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (Kgf)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	C1	9.90	9.90	98.01	1597.90	16.30	16.73
2	C2	9.90	9.80	97.02	1590.80	16.40	
3	C3	10.00	10.00	100.00	1460.10	14.60	
4	C4	9.80	9.90	97.02	1689.60	17.41	
5	C5	9.90	9.90	98.01	1307.90	13.34	
6	C6	9.80	9.80	96.04	1489.40	15.51	
7	C7	9.90	10.00	99.00	1498.10	15.13	
8	C8	9.70	9.80	95.06	2080.40	21.89	
9	C9	9.90	9.90	98.01	1960.20	20.00	

Observaciones:

ZURSAN INGENIEROS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.  
  
Luis M. Tauma Muñoz  
TÉCNICO LABORATORIO  
TÉCNICO DE LABORATORIO

Ing. Menandro Huéscar  
CIP: 243354  
INGENIERO RESPONSABLE



**MECÁNICA DE SUELOS,  
TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y  
ASFALTO**

PSJE CAHUIDE N° 140  
Cel. 920994280  
Jaén - cajamarca  
RUC: 20605055240  
INDECOPI: 00124908  
zursan.19inc@gmail.com

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOBE  
(NORMA E.080 - RNE)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TESIS: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ADOBE ARTESANAL, JAÉN – CAJAMARCA, 2021"  
UBICACIÓN: SECTOR: FILA ALTA; DISTRITO: JAÉN; PROVINCIA: JAÉN; REGIÓN: CAJAMARCA  
SOLICITA: CALDERÓN VASQUEZ ERICK MARLON  
FLORES AÑORGA SAMUEL ELI  
FECHA: AGOSTO DEL 2021

TRATAMIENTO 04

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE ADOBE CON EL 5% DE INCORPORACIÓN DE CAUCHO

N° de Muestra	Código Adobe	Largo del Adobe (cm)	Ancho del Adobe (cm)	Área del Adobe (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (Kgf)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	D1	9.90	9.80	97.02	1404.10	14.47	13.14
2	D2	9.80	9.90	97.02	1324.50	13.65	
3	D3	10.00	10.00	100.00	867.80	8.68	
4	D4	9.90	10.00	99.00	1186.70	11.99	
5	D5	9.80	9.80	96.04	1239.80	12.91	
6	D6	10.00	9.90	99.00	1330.50	13.44	
7	D7	9.90	9.90	98.01	1203.60	12.28	
8	D8	9.80	9.80	96.04	1546.80	16.11	
9	D9	10.00	9.90	99.00	1463.10	14.78	

Observaciones:

ZURSAN INGENIEROS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.

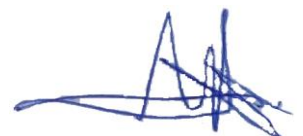
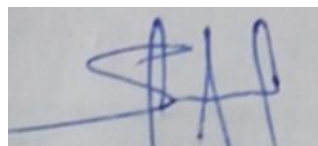
  
Luis M. Tauma Muñoz  
TÉCNICO DE LABORATORIO



  
Ing. Menandro Ruiz Alberca  
CIP: 243354

INGENIERO RESPONSABLE

**Anexo 03: Registro del laboratorio de mecánica de suelos en el  
INDECOPI**





PERÚ

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI

# Registro de la Propiedad Industrial

## Dirección de Signos Distintivos

**CERTIFICADO N° 00124908**

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 016684-2020/DSD - INDECOPI de fecha 01 de octubre de 2020, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : ZURSAN INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L. LABORATORIO DE MECANIZA DE SUELOS, MATERIALES; TECNOLOGÍA DEL CONCRETO, TECNOLOGÍA DEL ASFALTO E INGENIERÍA DE CIMENTACIONES

Distingue : Servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y diseño en estos ámbitos; servicios de análisis e investigación industriales; diseño y desarrollo de equipos informáticos y de software

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0832986-2020

Titular : ZURSAN INGENIERIA Y CONSTRUCCION E.I.R.L.

País : Perú

Vigencia : 01 de octubre de 2030

Tomo : 0625

Folio : 122



Firmado digitalmente por:  
MELONI GARCIA Ray Augusto FAU  
20132840633 hard  
Fecha: 09/10/2020 15:40:30-0500

Director  
Dirección de Signos Distintivos  
INDECOPI



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

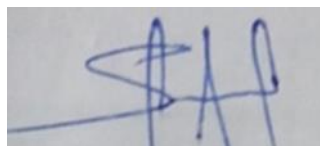
<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento: 0diw9np1n0





**Anexo 04: Resultados del análisis estadístico**



**Aplicamos un Diseño Completamente al Azar (DCA) con los Resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión**

<b>N° de unidad. adobe</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>2.5%</b>	<b>5%</b>	<b>TOTAL (Σxi)</b>
1	12,32	21,61	16,30	14,47	
2	15,10	18,47	16,40	13,65	
3	12,26	18,77	14,60	8,68	
4	12,77	15,84	17,41	11,99	
5	12,89	15,98	13,34	12,91	
6	12,59	16,96	15,51	13,44	
7	12,51	15,57	15,13	12,28	
8	10,20	18,84	21,89	16,11	
9	12,99	16,17	20,00	14,78	
<b>Σ Xi</b>	<b>113,63</b>	<b>158,21</b>	<b>150,59</b>	<b>118,30</b>	<b>540,73</b>
<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>12,63</b>	<b>17,58</b>	<b>16,73</b>	<b>13,14</b>	
minim.	10,20	15,57	13,34	8,68	
maxi.	15,10	21,61	21,89	16,11	
Dsv Stand	1.250	2.003	2.694	2.111	

*Fuente:* Elaboración propia, 2021 (Software Excel 2013).

**Tratamientos (t) = 4**

**Repeticiones (r) = 9**

**1) Cálculo del factor de corrección (Fc):**

$$Fc = (\Sigma xi)^2 / (r.t)$$

$$Fc = (540,73)^2 / (9*4)$$

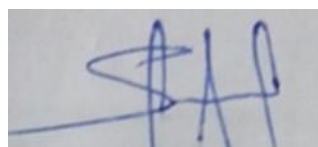
$$Fc = 8121,85$$

**2) Suma de cuadrados entre tratamientos (SCt):**

$$SCt = (\Sigma xi^2 / r) - Fc$$

$$SCt = ((113,6310^2 + 158,21^2 + 150,59^2 + 118,30^2) / 9) - 8121,85$$

$$SCt = 168,59$$



**3) Suma de cuadrados totales (SCtot):**

$$SC_{tot} = \sum x_{ij}^2 - F_c$$

$$SC_{tot} = (12,32^2 + 21,61^2 + 16,30^2 + \dots + 20,00^2 + 14,78^2) - 8121,85$$

$$SC_{tot} = 306,90$$

**4) Suma de cuadrados de la muestra (SCe):**

$$SC_e = SC_{tot} - SC_t$$

$$SC_e = 306,90 - 168,59$$

$$SC_e = 138,31$$

**5) Cuadrado medio entre tratamientos (CMt):**

$$GL_t = t - 1 \rightarrow 4 - 1 = 3$$

$$CM_t = SC_t / GL_t$$

$$CM_t = 168,59 / 3$$

$$CM_t = 56,20$$

**6) Cuadrado medio dentro de las muestras (CMe):**

$$GL_e = t(r - 1) \rightarrow 4(9 - 1)$$

$$GL_e = 32$$

$$CM_e = SC_e / GL_e$$

$$CM_e = 138,31 / 32$$

$$CM_e = 4,32$$

**7) Prueba F Calculado:**

$$F \text{ calculado} = CM_t / CM_e \rightarrow 56,20 / 4,32$$

$$F \text{ calculado} = 13,00$$

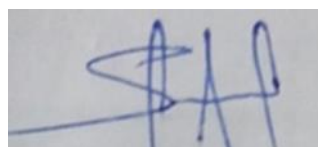
**8) F tabular (F $\alpha$ ):**

$$GL_t = t - 1 = 3$$

$$GL_e = t(r - 1) \rightarrow 4(9 - 1) = 32$$

$$F_\alpha = 3,477$$

El F tabular (F $\alpha$ ) lo obtenemos de la Tabla Estadística del Rango Estandarizado TUKEY.



### 9) Análisis de Varianza (ANOVA):

Fuente de variabilidad	GL	SC	CM	F cal.	F tab. (F $\alpha$ )
Entre tratamiento	3	168,59	56,20	<b>13,00</b>	<b>3,48</b>
Dentro de la muestra (error)	32	138,31	4,32		
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>306,90</b>			

Fuente: Elaboración propia, 2021 (Software Excel 2013).

**Hipótesis Nula (H0):** Todas las medias son iguales.

**Hipótesis Alterna (H1):** No todas las medias son iguales.

**Nivel de Significancia  $\alpha=0.05$ .**

Como el  $F_{cal} > F_{\alpha}$  por lo tanto se acepta la Hipótesis Alterna, concluyéndose que hay diferencias significativas entre los tratamientos aplicados para esta investigación, a un nivel de significancia del 5 %, por lo que no todas las medias son iguales.

### 10) Prueba de Comparación de Medias TUKEY:

$$VCt = q_{\alpha(t,n-t)} * \sqrt{CMe/r}$$

$$VCt = 3,835 * \sqrt{4,32/9}$$

$$VCt = 2,66$$

Donde:

VCt: Valor Crítico de la Prueba

CMe: Cuadrado Medio del Error (4,32)

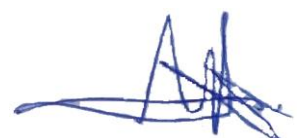
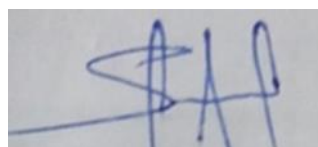
q: Valor Obtenido de la Tabla (3,835)

$\alpha$ : Nivel de Significancia (5%)

t: Número de Tratamientos (4)

n: Número de Datos (36)

r: Número de Repeticiones (9)





a) Comparación entre los promedios de los tratamientos:

	Tratamientos			
	0%	1%	2.5%	5%
$\bar{x}_i$ (Promedio)	12,63	17,58	16,73	13,14
Clave $\bar{x}_i$	T1	T2	T3	T4

Fuente: Elaboración propia, 2021 (Software Excel 2013).

Clave $\bar{x}_i$	Diferencia entre $\bar{x}_i$ (Promedios)	Valor Critico de la Prueba (VCt)	Comparación $\bar{x}_i > VCt$	Existe Significancia
T1 - T2	4,95	2,66	4,95 > 2,66	SI
T1 - T3	4,11	2,66	4,11 > 2,66	SI
T1 - T4	0,52	2,66	0,52 < 2,66	NO
T2 - T3	0,85	2,66	0,85 < 2,66	NO
T2 - T4	4,43	2,66	4,43 > 2,66	SI
T3 - T4	3,59	2,66	3,59 > 2,66	SI

Fuente: Elaboración propia, 2021 (Software Excel 2013).

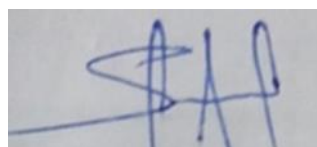
Si la diferencia de promedios  $\bar{x}_i > VCt$  entonces existe significancia estadística.

b) Resumen de la diferencia y significaciones entre tratamientos:

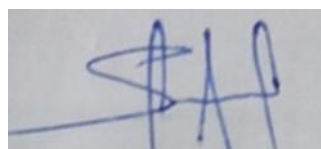
Tratamiento	Promedio	Agrupación
T2	17,58	A
T3	16,73	A
T4	13,14	B
T1	12,63	B

Fuente: Elaboración propia, 2021 (Software Excel 2013).

Por lo tanto, se puede afirmar que los tratamientos T2 y T3 tienen el mismo nivel de significancia estadística por poseer la misma letra, siendo superiores a los tratamientos T4 y T1 los cuales son iguales estadísticamente.



**Anexo 05: Panel fotográfico**



**Figura 6**

*Neumáticos para ser reencauchados*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Figura 7**

*Recolección de fibra granular producto del esmerilado de neumáticos reencauchados*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Figura 8**

*Dosificación de caucho para cada tratamiento*



*Fuente:* Elaboración propia, 2021.

**Figura 9**

*Muestra representativa de caucho granular*



*Fuente:* Elaboración propia, 2021.



**Figura 10**

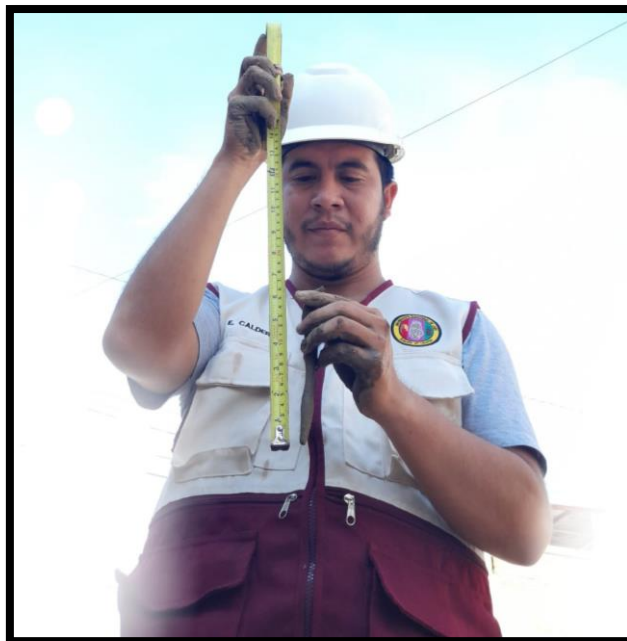
*Ejecutando la prueba preliminar de “Resistencia Seca” para selección de canteras*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Figura 11**

*Ejecutando la prueba preliminar de “Cinta de Barro” para selección de canteras*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Figura 12**

*Zarandeo del material para la elaboración de adobes*



*Fuente:* Elaboración propia, 2021.

**Figura 13**

*Respectiva dosificación para cada tratamiento*



*Fuente:* Elaboración propia, 2021.



**Figura 14**

*Muestra de suelo con fibra de caucho incorporado para ser mezclada*



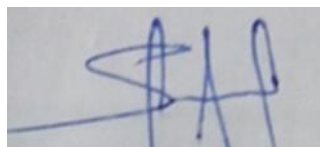
*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Figura 15**

*Humedecimiento de la mezcla de suelo con caucho para la formación del barro*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*





**Figura 16**

*Elaboración de adobes testigos con cascara de arroz*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Figura 17**

*Elaboración del barro para el moldeado de probetas*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*



**Figura 18**

*Humedecimiento del molde de madera (gavera) por 24 horas para evitar que el barro se pegue en sus paredes*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Figura 19**

*Desencofrado y moldeado de las probetas de adobe de 10 cm de arista según la Norma E.080*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Figura 20**

*Población y muestra de probetas de adobe para los cuatro tratamientos*



*Fuente:* Elaboración propia, 2021.

**Figura 21**

*Acopio de las probetas para su secado*



*Fuente:* Elaboración propia, 2021.



**Figura 22**

*Rotulado de Probetas para ser ensayadas en laboratorio*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Figura 23**

*Acompañamiento del asesor de la investigación en la Rotura de probetas*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Figura 24**

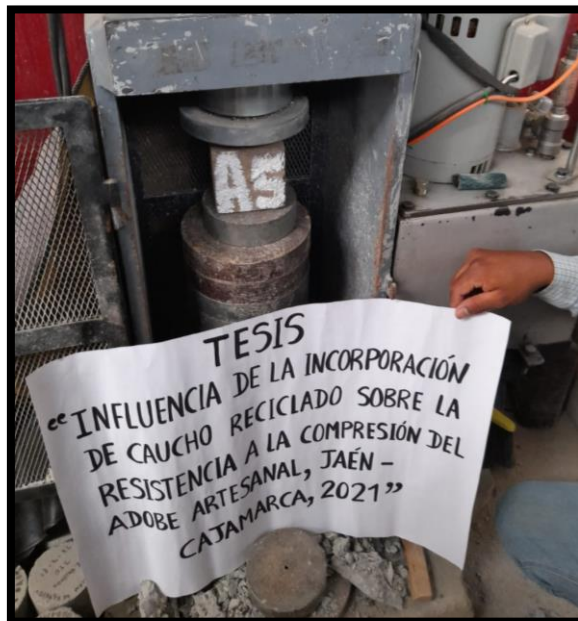
*Medición de los especímenes antes de su rotura*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Figura 25**

*Sometimiento de las probetas de adobe al Ensayo de Resistencia a la Compresión*



*Fuente: Elaboración propia, 2021.*