



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



**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL  
MORTERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL  
DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA – PUNO, 2023**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. YAHIR MIJAIL, JULI GONZALES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL MORTERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PRI**

AUTOR

**YAHIR MIJAIL JULI GONZALES**

RECUENTO DE PALABRAS

**30647 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**158689 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**145 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**4.4MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 19, 2023 2:46 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 19, 2023 2:48 AM GMT-5**

● **14% de similitud general**



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

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

  
  
**Ing. Félix Rojas Chahuares**  
DOCENTE UNIVERSITARIO  
COD. UNA N° 2051221

  
  
**Ing. Emilio Castro Aroni**  
DOCENTE UNIVERSITARIO  
COD. UNA N° 920514

[Resumen](#)



## DEDICATORIA

*Esta investigación se la dedico a Dios, por su gracia y bendiciones, por permitirme conocer a personas virtuosas y darme fuerzas para seguir adelante.*

*A mis padres Corinne Josefina y Nolberto, por todo su apoyo incondicional, su comprensión e infinito amor, son la fuerza para enfrentar cualquier reto y mi motivación para ser cada día mejor.*

*A mi hermana Yira Anelisse por ser ejemplo de dedicación y creer en mí.*

**Yahir Mijail Juli Gonzales**



## AGRADECIMIENTO

*A Dios por darme salud y confianza para desarrollar y culminar la presente investigación.*

*A mi asesor y a los miembros del jurado dictaminador por su asesoramiento, apoyo y pertinentes observaciones en la elaboración de la presente investigación.*

*A la escuela profesional de Ingeniería Civil, alma mater y que me acogió durante mi formación profesional.*

*A mis amigos, compañeros y todas las personas que contribuyeron desinteresadamente en la realización de esta tesis.*

**Yahir Mijail Juli Gonzales**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 17**

**ABSTRACT..... 18**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 20**

1.1.1. Pregunta general..... 23

1.1.2. Preguntas específicas ..... 23

**1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 23**

**1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 23**

**1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 26**

1.4.1. Objetivo general..... 26

1.4.2. Objetivos específicos ..... 26

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES..... 27**

2.1.1. Antecedentes internacionales..... 27

2.1.2. Antecedentes nacionales ..... 31

2.1.3. Antecedentes locales ..... 38



<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>41</b>
2.2.1. Generalidades.....	41
2.2.2. Calidad del mortero.....	42
2.2.3. Clases de mortero.....	42
2.2.3.1. Morteros artesanales .....	42
2.2.3.2. Mortero industrial .....	42
2.2.3.3. Mortero tradicional .....	43
2.2.4. Componentes del mortero .....	43
2.2.4.1. Cemento .....	43
2.2.4.2. Agregado fino .....	43
2.2.4.1. Agua.....	45
2.2.5. Propiedades físicas del agregado fino utilizado para mortero .....	46
2.2.5.1. Peso unitario .....	46
2.2.5.2. Peso específico y absorción .....	46
2.2.5.3. Contenido de humedad .....	47
2.2.5.4. Contenido del material más fino.....	47
2.2.5.5. Análisis granulométrico del agregado fino.....	47
2.2.6. Influencia de los componentes del mortero en sus propiedades .....	48
2.2.6.1. Cemento .....	48
2.2.6.2. Arena.....	48
2.2.6.3. Agua.....	49
2.2.7. Propiedades del mortero en prismas de albañilería.....	49
2.2.7.1. Trabajabilidad .....	49
2.2.7.2. Consistencia.....	50
2.2.7.3. Resistencia a la compresión.....	50



2.2.8. Prismas de albañilería .....	52
2.2.8.1. Ladrillo.....	53
2.2.8.2. Clasificación de ladrillos .....	54
2.2.9. Ensayo de compresión en prismas de albañilería .....	55
2.2.9.1. Formas de falla.....	56
2.2.10. Relación entre los prismas y los muros reales .....	57
2.2.11. Influencias en la resistencia de los prismas de albañilería.....	58
2.2.11.1.Ladrillo.....	58
2.2.11.2.Mortero .....	59
2.2.11.3.Espesor de junta de mortero.....	59
2.2.12. Diseño de mezclas.....	59
2.2.12.1.Criterios para el diseño de mezclas.....	60

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>63</b>
<b>3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>64</b>
3.2.1. Tipo de investigación .....	64
3.2.2. Nivel de investigación.....	64
3.2.3. Diseño de investigación .....	64
<b>3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.....</b>	<b>65</b>
3.3.1. Población.....	65
3.3.2. Muestra .....	65
<b>3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>66</b>
<b>3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO.....</b>	<b>69</b>
3.5.1. Prueba de hipótesis .....	69



<b>3.6. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>70</b>
<b>3.7. MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO.....</b>	<b>70</b>
<b>3.8. RECOLECCIÓN DE DATOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>71</b>
<b>3.9. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>72</b>
3.9.1. Metodología de objetivo específico Nro. 1 .....	72
3.9.1.1. Análisis granulométrico.....	72
3.9.2. Metodología de objetivo específico Nro. 2.....	74
3.9.2.1. Resistencia a la compresión en morteros .....	74
3.9.3. Metodología de objetivo específico Nro. 3.....	76
3.9.3.1. Peso unitario .....	76
3.9.3.2. Peso específico y absorción del agregado fino .....	78
3.9.3.3. Contenido de humedad .....	81
3.9.3.4. Contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200.....	82
3.9.3.5. Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería .....	84

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>87</b>
4.1.1. Análisis granulométrico por tamizado .....	87
4.1.1.1. Granulometría – Cutimbo .....	87
4.1.1.2. Granulometría – Viluyo .....	89
4.1.2. Resistencia a la compresión en morteros .....	90
4.1.2.1. Resistencia a la compresión en cubos de mortero – Cutimbo .....	91
4.1.2.2. Resistencia a la compresión en cubos de mortero – Viluyo .....	92
4.1.3. Peso Unitario.....	93
4.1.3.1. Peso unitario - Cutimbo .....	93





4.1.3.2. Peso unitario – Viluyo .....	94
4.1.4. Peso específico y absorción del agregado fino .....	95
4.1.4.1. Peso específico y absorción – Cutimbo .....	95
4.1.4.2. Peso específico y absorción – Viluyo .....	96
4.1.5. Contenido de humedad .....	96
4.1.5.1. Contenido de humedad – Cutimbo .....	96
4.1.5.2. Contenido de humedad – Viluyo .....	97
4.1.6. Contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 .....	97
4.1.6.1. Material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 – Cutimbo .....	98
4.1.6.2. Material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 – Viluyo .....	98
4.1.7. Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería .....	98
4.1.7.1. Resistencia a la compresión de prismas - Cutimbo .....	99
4.1.7.2. Resistencia a la compresión de prismas - Viluyo .....	101
4.1.8. Resumen de resultados .....	102
<b>4.2. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>105</b>
4.2.1. Interpretación del análisis granulométrico por tamizado .....	105
4.2.2. Interpretación del Peso Unitario .....	107
4.2.3. Interpretación del peso específico y absorción del agregado fino .....	108
4.2.4. Interpretación del contenido de humedad .....	109
4.2.5. Interpretación del contenido del material más fino .....	110
4.2.6. Interpretación de resistencia a la compresión del mortero .....	111
4.2.7. Interpretación de resistencia a la compresión de prismas .....	113
4.2.8. Discusión .....	119
<b>4.3. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>123</b>
4.3.1. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 1 .....	123



4.3.2. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 2 .....	124
4.3.3. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 3 .....	125
4.3.4. Cumplimiento de Objetivo General .....	126
4.3.5. Prueba de hipótesis .....	127
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>137</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>138</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>146</b>

**ÁREA:** Construcciones.

**TEMA:** Calidad de mortero y resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Construcciones y Gerencia.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 25 de septiembre del 2023



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Granulometría de la arena gruesa .....	44
<b>Tabla 2</b> Resistencias características de la albañilería .....	45
<b>Tabla 3</b> Tipos de ladrillos .....	54
<b>Tabla 4</b> Factores de corrección por esbeltez .....	55
<b>Tabla 5</b> Peso unitario suelto de los materiales .....	60
<b>Tabla 6</b> Proporción en peso para los morteros estudiados .....	61
<b>Tabla 7</b> Proporción en peso a utilizar en los morteros estudiados .....	62
<b>Tabla 8</b> Cuadro de operacionalización de variables según objetivo general .....	67
<b>Tabla 9</b> Cuadro de operacionalización de variables según objetivo específico 1 .....	68
<b>Tabla 10</b> Cuadro de operacionalización de variables según objetivo específico 2 .....	68
<b>Tabla 11</b> Cuadro de operacionalización de variables según objetivo específico 3 .....	69
<b>Tabla 12</b> Recolección de datos por objetivos específicos .....	71
<b>Tabla 13</b> Granulometría - Cutimbo .....	87
<b>Tabla 14</b> Granulometría - Viluyo .....	89
<b>Tabla 15</b> Resistencia a la compresión del mortero Cutimbo 1:5 .....	91
<b>Tabla 16</b> Resistencia a la compresión del mortero Cutimbo 1:4 .....	91
<b>Tabla 17</b> Resistencia a la compresión del mortero Viluyo 1:5 .....	92
<b>Tabla 18</b> Resistencia a la compresión del mortero Viluyo 1:4 .....	92
<b>Tabla 19</b> Peso unitario suelto - Cutimbo .....	93
<b>Tabla 20</b> Peso unitario compactado - Cutimbo .....	93
<b>Tabla 21</b> Peso unitario suelto - Viluyo .....	94
<b>Tabla 22</b> Peso unitario compactado - Viluyo .....	94
<b>Tabla 23</b> Peso específico y absorción - Cutimbo .....	95
<b>Tabla 24</b> Peso específico y absorción - Viluyo .....	96



<b>Tabla 25</b> Contenido de humedad - Cutimbo .....	96
<b>Tabla 26</b> Contenido de Humedad - Viluyo .....	97
<b>Tabla 27</b> Contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 – Cutimbo .....	98
<b>Tabla 28</b> Contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 – Viluyo .....	98
<b>Tabla 29</b> Resistencia a la compresión axial de prismas – Cutimbo – dosificación 1:5 .	99
<b>Tabla 30</b> Resistencia a la compresión axial de prismas – Cutimbo – dosificación 1:4	100
<b>Tabla 31</b> Resistencia a la compresión axial de prismas – Viluyo – dosificación 1:5 ..	101
<b>Tabla 32</b> Resistencia a la compresión axial de prismas – Viluyo – dosificación 1:4 ..	102
<b>Tabla 33</b> Resultados - Cutimbo.....	103
<b>Tabla 34</b> Resultados - Viluyo .....	104
<b>Tabla 35</b> Granulometría - Cutimbo vs Viluyo .....	107



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ensayo de compresión en morteros.....	51
<b>Figura 2</b>	Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.....	53
<b>Figura 3</b>	Ensayo de compresión en prismas de albañilería.....	56
<b>Figura 4</b>	Formas de falla de los prismas de albañilería .....	57
<b>Figura 5</b>	Relación entre los prismas y los muros reales.....	58
<b>Figura 6</b>	Ubicación de las Canteras “Viluyo y Río Cutimbo” .....	63
<b>Figura 7</b>	Ensayo de granulometría .....	73
<b>Figura 8</b>	Resistencia a la compresión de morteros .....	75
<b>Figura 9</b>	Ensayo de peso específico.....	78
<b>Figura 10</b>	Peso específico y absorción.....	80
<b>Figura 11</b>	Material más Fino que pasa el Tamiz Nro. 200 .....	83
<b>Figura 12</b>	Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.....	86
<b>Figura 13</b>	Curva granulométrica – Cutimbo.....	88
<b>Figura 14</b>	Curva granulométrica – Viluyo.....	90
<b>Figura 15</b>	Curva granulométrica - Cutimbo vs Viluyo.....	106
<b>Figura 16</b>	Peso Unitario - Cutimbo vs Viluyo.....	108
<b>Figura 17</b>	Peso específico y absorción - Cutimbo vs Viluyo.....	109
<b>Figura 18</b>	Contenido de humedad - Cutimbo vs Viluyo.....	110
<b>Figura 19</b>	Contenido del material más fino - Cutimbo vs Viluyo .....	111
<b>Figura 20</b>	Resistencia a la compresión en cubos de mortero - Cutimbo vs Viluyo.....	113
<b>Figura 21</b>	Promedio de resistencia a la compresión de prismas - Cutimbo vs Viluyo	114
<b>Figura 22</b>	Prismas luego de ser ensayados con mortero de Cutimbo .....	116
<b>Figura 23</b>	Prismas luego de ser ensayados con mortero de Viluyo .....	117
<b>Figura 24</b>	Resistencia característica a la compresión de prismas Cutimbo vs Viluyo	118



<b>Figura 25</b>	T de Student en compresión de prismas con mortero de Cutimbo 1:5 .....	129
<b>Figura 26</b>	T de Student en compresión de prismas con mortero de Cutimbo 1:4 .....	131
<b>Figura 27</b>	T de Student en compresión de prismas con mortero de Viluyo 1:5 .....	133
<b>Figura 28</b>	T de Student en compresión de prismas con mortero de Viluyo 1:4 .....	135



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- ACI** : Siglas en inglés para la American Concrete Institute, que significa, Instituto Americano del Concreto.
- ASTM** : Siglas en inglés para la American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales.
- Cu** : Coeficiente de uniformidad.
- Cc** : Coeficiente de curvatura.
- D10** : El diámetro efectivo en las abscisas de la curva granulométrica corresponde al 10 % de las ordenadas de la misma curva, es el diámetro por debajo del cual queda el 10 % del suelo en peso.
- D30** : El diámetro efectivo en las abscisas de la curva granulométrica corresponde al 30 % de las ordenadas de la misma curva, es el diámetro por debajo del cual queda el 30 % del suelo en peso.
- D60** : El diámetro efectivo en las abscisas de la curva granulométrica corresponde al 60 % de las ordenadas de la misma curva, es el diámetro por debajo del cual queda el 60 % del suelo en peso.
- $f_m$**  : Promedio de resistencias a compresión en prismas ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- $f'_m$**  : Resistencia característica a compresión en prismas ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).
- $gl$**  : Grado de libertad.
- $H_0$**  : Hipótesis nula.
- $H_1$**  : Hipótesis alternativa.
- IP** : Cemento puzolánico.
- $n_1$**  : Primera muestra experimental.
- $n_2$**  : Segunda muestra experimental
- SUCS** : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.



- $S_p$**  : Estadístico de prueba.
- $T_c$**  : T teórico.
- $T_p$**  : T experimental.
- $u_1$**  : Media de la primera muestra experimental.
- $u_2$**  : Media de la segunda muestra experimental.
- UTM** : (Universal Transverse Mercator), sistema de proyección cartográfico basado en cuadrículas.





## RESUMEN

En la ciudad de Puno, es necesario investigar la influencia de la calidad del mortero en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería. En ese sentido, se planteó como objetivo general evaluar el nivel de influencia de la calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, respecto a la Norma vigente RNE E.070. Se ha postulado que la calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos tendrá niveles significativos de influencia en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería. Los materiales utilizados fueron cemento IP, ladrillo mecanizado y arena gruesa de *Cutimbo* y *Viluyo*. Para la preparación del mortero se usaron dos dosificaciones cemento:arena con cada agregado, las cuales fueron 1:5 y 1:4. El presente estudio es de enfoque cuantitativo, de tipo pura o básica, nivel descriptivo-correlacional, diseño cuasi-experimental, la población fue conformada por prismas de albañilería y se consideró un muestreo no probabilístico o por conveniencia. La prueba de hipótesis se realizó con T de Student y la hipótesis planteada en la presente investigación fue aceptada. Se concluye que la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería con mortero preparado con arena de las canteras *Cutimbo* y *Viluyo* con dosificación 1:5 y 1:4 son, en promedio, 14.88 % y 22.55 % más resistentes que lo indicado en la Norma E.070 y el mortero preparado con arena de la cantera *Viluyo* fue mejor que la de *Cutimbo*.

**PALABRAS CLAVES:** Agregado, cantera, dosificación, materiales, norma.



## ABSTRACT

In the city of Puno, it is necessary to investigate the influence of mortar quality on the axial compressive strength of masonry prisms. In this sense, the general objective was to evaluate the level of influence of the quality of mortar prepared with sand from different places on the axial compressive strength of masonry prisms, with respect to the current standard RNE E.070. It has been postulated that the quality of mortar prepared with sand from different locations will have significant levels of influence on the axial compressive strength of masonry prisms. The materials used were IP cement, mechanized brick and coarse sand from *Cutimbo* and *Viluyo*. For the preparation of the mortar, two cement:sand ratios were used with each aggregate, which were 1:5 and 1:4. The present study has a quantitative approach, pure or basic type, explanatory level, quasi-experimental design, the population was formed by masonry prisms and a non-probabilistic or convenience sampling was considered. The hypothesis test was performed with Student's t-test and the hypothesis proposed in this research was accepted. It is concluded that the resistance to axial compression of the masonry prisms with mortar prepared with sand from the *Cutimbo* and *Viluyo* quarries with dosage 1:5 and 1:4 are on average 14.88 % and 22.55 % more resistant than those indicated in the E.070 standard, and the mortar prepared with sand from the *Viluyo* quarry is better than that of *Cutimbo*.

**KEY WORDS:** Aggregate, quarry, dosage, materials, standard.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Puno, existen canteras cercanas de las cuales se extrae agregado para la preparación del mortero que se usa en la albañilería. Cada cantera posee propiedades físicas y mecánicas únicas; por tanto, podrían no cumplir con lo recomendado en la Norma E.070. Los usuarios pueden preparar el mortero con la arena que prefieran, pero este tiene que cumplir con lo estipulado en la Norma E.070. Una de las propiedades más significativas de la albañilería es la capacidad de soportar cargas de compresión axial, y el factor que influye de manera significativa en esta capacidad es el mortero. En ese sentido es que surge la presente investigación, la cual se organiza de la siguiente manera:

En el capítulo I, se describen la introducción de la investigación, el planteamiento del problema, la hipótesis, la justificación del estudio, el objetivo general y los objetivos específicos.

En el capítulo II, se presenta la revisión de literatura. Ahí se desarrolla los antecedentes y la base teórica que sustentan el tema del estudio.

En el capítulo III, los materiales y métodos, se explica la metodología de investigación, la operacionalización de variables, la población y muestra del estudio, el diseño estadístico, los instrumentos metodológicos y la descripción de métodos por objetivos específicos.

En el capítulo IV, comprende los resultados y la discusión. Ahí se muestran los resultados por cada método utilizado, la discusión de resultados, cumplimiento de objetivos y la prueba de hipótesis.



En el capítulo V, se presentan las conclusiones del investigador.

En el capítulo VI, se da a conocer las sugerencias para futuras investigaciones.

En el capítulo VII, se hace mención a los autores cuyos trabajos se han consultado en este estudio.

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el horizonte internacional:

En Chile, Astroza & Muñoz (2008) determinaron que en el terremoto del 6 de agosto de 1906, los edificios de construcción tradicional en Valparaíso sufrieron daños significativos debido a la baja calidad de los ladrillos y morteros empleados y que, a pesar de contar con normas que establecen los requisitos que deberán tener los morteros y los ladrillos, no se ha logrado superar la situación. Alguna de las razones que explicarían esta situación son que las propiedades de la albañilería son más difíciles de predecir que otros materiales, por la falta de capacitación de profesionales y obreros que participan en las construcciones de albañilería, el bajo control de los procedimientos de construcción y las propiedades de los materiales, y la falta de difusión de resultados experimentales.

En El Salvador, Guzmán, Zambrano, & Mayra (2014) plantean que cada constructora define los ensayos a realizar en los agregados dependiendo de la obra a construir. Esto indica una predisposición de resultados a obtener, es por eso que no hay suficientes datos para tomar decisiones acerca de los agregados, subrayan la importancia de escribir un documento que incluya las características físicas y mecánicas del material agregado, así como una síntesis y análisis de los resultados, con el fin de simplificar la selección del agregado a emplear.



En Colombia, Valbuena, Serna & García (2016) dicen que, al igual que en muchos países, la albañilería es el método de construcción más ampliamente empleado. El estudio del comportamiento del mortero es importante para garantizar la durabilidad y estabilidad de las edificaciones construidas con esta práctica, las propiedades del mortero debe cumplir con las exigencias normativas vigentes. Además de que la resistencia del mortero es la propiedad a la que se recurre como criterio para la elección del tipo de mortero a emplear, esta propiedad es también un parámetro de control de calidad.

En el horizonte nacional:

Gómez (2018), en su investigación, indica que, en el Perú, la técnica de construcción más común es la albañilería confinada, que consiste en muros de ladrillos unidos por mortero. Así, destaca la importancia de estudiar al mortero seco Concremax, dado a que se realizaron pruebas de compresión axial en pilas para determinar cómo el mortero afecta las propiedades mecánicas de resistencia de los muros de albañilería.

Cieza (2021), en su investigación, enfatiza la importancia de realizar una investigación sobre las características del material fino extraído de las canteras del distrito de Conchán por su grado de influencia en la elaboración de mezclas cementantes usadas en proyectos de infraestructura, al tener un comparativo entre diferentes materiales se puede determinar cuál tiene las mejores características para su uso en mezclas cementantes.

Enfocado al horizonte internacional, la importancia del estudio de la influencia del mortero y sus componentes es de vital importancia, dado que está directamente vinculado con la albañilería, el cuál es uno de los métodos de construcción más ampliamente empleados. En el Perú, actualmente, la Norma E.070 define los estándares y las demandas mínimas de los materiales necesarios para llevar a cabo la edificación en



albañilería. En la ciudad de Puno, existen canteras aledañas de las cuales se extrae y utiliza agregado para la preparación de mortero. Según Palomino (2019), el principal componente del mortero es el agregado fino, ya que es el que mayor volumen contribuye en el proceso de elaboración de mezclas de mortero.

Así mismo, cabe señalar que, según Bonilla (2011), la capacidad de los prismas de albañilería para soportar cargas de compresión axial es la propiedad estructural más importante de la albañilería. Rivet & Ritchie (1960) señalan que la calidad del agregado influye en las características del mortero. Este factor tiene un impacto en la capacidad de los prismas de albañilería para resistir compresiones axiales, por lo que es importante comprender cómo la calidad del mortero elaborado con arena de diferentes fuentes puede afectar dicha resistencia, ya que, la falta de conocimiento sobre cómo la calidad del mortero afecta la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería tiene consecuencias directas para los usuarios y la comunidad en general, porque si bien es cierto, los usuarios pueden preparar el mortero con la arena que prefieran, este tiene que cumplir con lo estipulado en la Norma E.070.

A la fecha, no hay información sobre cómo la calidad del mortero fabricado con arena de diferentes procedencias puede afectar la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería, es así que se quiere establecer y analizar las características físicas y mecánicas del agregado, así como comprender cómo la resistencia del mortero afecta la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería, también la población tendrá disponible un nuevo indicador para la elección de cantera, ya que se determinará si el grado de impacto de la calidad del mortero elaborado con arena proveniente de diferentes sitios en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería cumple



con los estándares y requisitos mínimos estipulados por la normativa actual, en este caso la Norma E.070.

### **1.1.1. Pregunta general**

¿Cuál es el nivel de influencia que tiene la calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, respecto a la Norma vigente E.070?

### **1.1.2. Preguntas específicas**

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del agregado utilizado para mortero, cumple con las especificaciones señaladas en la Norma E.070 para la elaboración de mortero?
2. ¿Cuál es el nivel de influencia de la resistencia del mortero en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería?
3. ¿Cuál es el nivel de influencia de las propiedades físicas y mecánicas del agregado en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería?

## **1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

La calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos tendrá niveles significativos de influencia en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

En Perú, el método de construcción predominante es la albañilería, y la resistencia a la compresión se considera la característica estructural más crítica para la albañilería y los elementos que tendrán el mayor impacto en esta característica serán el mortero y el ladrillo (Bonilla, 2011). Maldonado (2013) explica que las construcciones de albañilería



presentan una serie de deficiencias, una de las cuales son los materiales. Después de estas observaciones, podemos deducir que el mortero influye significativamente en la capacidad de resistencia a la compresión de los prismas de albañilería. Esta es una de las características esenciales de este tipo de construcción, como consecuencia, la falta de investigación sobre este efecto afecta negativamente la resistencia de los prismas de albañilería a la compresión axial y, por tanto, la resistencia general de la albañilería.

Para abordar el problema de la falta de investigación sobre el impacto del mortero en la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería, han surgido varias investigaciones. Maldonado (2013) dice que mientras que las fallas por compresión en el área de albañilería se producen principalmente en muros con una resistencia a la compresión reducida, se descubrió teóricamente que las fallas más comunes se producen por separación en las juntas de mortero y por tensión en las unidades. Sotta (2010) concluye que la resistencia a la compresión es una de las cualidades más importantes del mortero porque afecta significativamente la apariencia final de la albañilería.

Rivet & Ritchie (1960) realizaron una investigación preliminar para saber más sobre cómo la granulometría de la arena afecta las características del mortero y llegaron a la conclusión de que la resistencia a la compresión de los morteros dependía en cierta medida de la granulometría de la arena. Los agregados utilizados en la elaboración de las mezclas de concreto y mortero presentan diferencias en múltiples aspectos y ejercen una influencia significativa en las características de estos materiales, el elemento primordial en la composición del mortero es el agregado fino, dado que es el que aporta la mayor proporción de volumen en la elaboración de las mezclas de mortero (Palomino, 2019).

Arapa & Mamani( 2018), en su tesis, plantean como objetivo evaluar la calidad de los agregados de cuatro canteras y obtuvieron resultados distintos del análisis de cada





agregado. Se concluye que los agregados de cada cantera tienen características distintas una de otra. Medina & Huarca (2016) afirmaron que la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería varía, y esto se relaciona con el tipo de mortero, con el fin de evaluar la variación en la resistencia a la compresión vertical en estos casos, incluyó la creación de prismas de albañilería utilizando dos variantes de mortero.

La Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) de nuestro país define los estándares y requerimientos mínimos para la construcción con albañilería, sin embargo, cada cantera posee propiedades físicas y mecánicas únicas; por tanto, podrían no cumplir con lo recomendado en la Norma E.070, los usuarios pueden preparar el mortero con la arena que prefieran, pero este tiene que cumplir con lo estipulado en la Norma E.070. En suma, la pretensión de la investigación es aportar información que resulte útil a la población, porque tendrán disponible un nuevo indicador para la elección de cantera del cual se usara el agregado para la preparación de mortero, debido a que en la ciudad de Puno no existen investigaciones sobre este tema en específico, ya que se conocerá si la influencia de la calidad del mortero en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería cumple con los requisitos y exigencias mínimas que establece la normativa vigente RNE Norma E.070.

De acuerdo con la exposición de motivos descritos, existen razones para investigar si la calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos tendrá niveles significativos de influencia en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.



## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el nivel de influencia de la calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, respecto a la Norma vigente RNE E.070, en la ciudad de Puno, 2023.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Determinar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas del agregado utilizado para mortero según la Norma E.070.
2. Evaluar la influencia de la resistencia del mortero en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.
3. Evaluar la influencia de las propiedades físicas y mecánicas del agregado en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Rivet & Ritchie (1960) realizaron un estudio preliminar para obtener información sobre la influencia de la granulometría de la arena en las propiedades del mortero. En ese estudio, los morteros de albañilería se prepararon a partir de cinco tipos de arena que tenían diferente granulometría con un mismo cemento, se utilizó cemento portland en la preparación de las mezclas. En todo el proceso, se utilizaron las mismas proporciones de cemento y arena, también se mantuvo la misma consistencia del mortero. Se obtuvo cinco resultados distintos con cada tipo de arena, una de las cuales fueron 400 psi, 440 psi, 507 psi, 550 psi, 315 psi. Concluyeron que la distribución de tamaños de partículas de arena influía en cierta medida en la resistencia a la compresión de los morteros y que una variación significativa en la resistencia se producía cuando se ajustaba la proporción de cemento, arena.

Navas (2007), en su artículo, presentó un estudio sobre el efecto de la resistencia de los bloques empleando como base resultados obtenidos en otras investigaciones, recolecto información de los ensayos de resistencia a la compresión realizados en estructuras de mampostería tanto con, como sin la inclusión de una mezcla de relleno (cemento:arena). Concluye que la resistencia a la compresión de la mampostería disminuye junto con la resistencia a la compresión del mortero adhesivo en mampostería sin concreto de relleno; sin embargo, el uso de morteros de alta resistencia no afecta significativamente la resistencia a la compresión de la mampostería cuando la resistencia de los bloques es menor que la de los morteros. En mampostería con concreto de relleno,



la resistencia del mortero no tiene un impacto significativo en la resistencia a compresión de la mampostería.

Astroza & Muñoz (2008) subrayaron la importancia de mejorar la calidad de los materiales utilizados en la construcción de estructuras de albañilería debido a los daños sufridos por las edificaciones de albañilería durante los terremotos, con un enfoque especial en los morteros para lograr una buena adherencia. Los daños observados permiten señalar que el uso de morteros de cemento no ha logrado superar la situación. Con el propósito de mejorar esto, en este trabajo, se entregaron conclusiones que se obtuvieron al analizar los resultados de 12 estudios experimentales realizados en Chile. Una de estas conclusiones es que se confirma que es necesario controlar la granulometría de la arena utilizada para hacer un mortero de junta para garantizar una buena adherencia ya que los morteros contruidos con arenas con un porcentaje mayor de granos que pasan por el tamiz Nro. 50 tienen una mayor retentividad y una mayor resistencia al cizalle.

Leon & Ramirez (2010), en su artículo, plantearon como objetivo realizar una caracterización morfológica de los agregados usados para mezclas de concreto hidráulico y la estimación de su influencia en las características del concreto en su estado sin fraguar y en su estado curado. Utilizaron métodos tradicionales y el de análisis de imágenes con los descriptores de Fourier. Obtuvieron como uno de los resultados de una cantera 4 % de índice de aplastamiento, 16 % de índice de alargamiento y 60 % de caras fracturadas y de otra cantera 29 % de índice de aplastamiento, 20 % de índice de alargamiento y 79 % de caras fracturadas, resistencias a la compresión de 21.7 MPa y 21.1 MPa. Llegaron a las conclusiones de que la morfología de los agregados influye en las características del concreto en su estado sin fraguar y en su estado curado, con una mayor influencia en la manejabilidad que en las propiedades mecánicas. Las partículas alargadas disminuyen el



asentamiento del concreto y, por lo tanto, reducen su trabajabilidad. La resistencia a la compresión de las mezclas con igual dosificación, pero con agregados con diferentes contenidos de partículas alargadas, no presentan diferencias significativas. Comparando los resultados de resistencia a la compresión de los concretos realizados con agregados distintos, se observa que uno tiene mayores resistencias que el otro debido a que el primero tiene mejores características físico mecánicas.

Sotta (2010), en su tesis para optar el título de Ingeniero Constructor, plantea como uno de sus objetivos identificar las características de los morteros utilizados en las juntas de albañilería, tanto en su estado fresco como en su estado curado. Para lograr una concepción general de este, obtuvo resultados de una comparación técnica y económica de estos y llegó a la conclusión de que las propiedades importantes de los morteros son la manejabilidad, la capacidad de adhesión y la resistencia a la compresión, ya que afectan la forma en que se coloca el ladrillo y el resultado final de la construcción en albañilería.

Reyes, Camacho, & Londoño (2013), en su artículo, plantearon como objetivo profundizar el conocimiento acerca de la influencia que el origen y gradación del agregado pétreo pueden tener en el comportamiento de mezclas asfálticas, realizaron el análisis petrográfico macroscópico de gravas y arenas provenientes de la cantera del río Coello–Tolima (Cantol) y de la fuente aluvial del río Tunjuelito–Cundinamarca (Cancun). La metodología empleada inició con la caracterización del asfalto y el material granular utilizado (arenas y gravas). Obtuvieron como resultados 53 y 57 % de equivalente de arena, 23 y 29.9 % de resistencia al desgaste, 2.61 y 2.60 gr/cm<sup>3</sup>, 1.3 y 1.1 % de absorción del agregado fino, 2.6 y 2.59 gr/cm<sup>3</sup> de peso específico y 1.8 y 1.6 % de absorción. Llegaron a la conclusión de que, al comparar las densidades de igual



granulometría, pero diferente origen del agregado, se estableció que las provenientes de la cantera del Tolima tienen mayor densidad.

Maldonado (2013), en su tesis de pregrado, planteó como objetivo general crear un modelo teórico para calcular la resistencia al corte de un muro de albañilería confinada. Obtuvo como uno de sus resultados de que su modelo teórico para calcular la capacidad de resistencia al esfuerzo cortante en muros de albañilería confinada tiene la posibilidad de identificar el modo de falla que controla la resistencia al corte, comprobó teóricamente que predominan las fallas por adherencia en las juntas de mortero y por tracción en las unidades, y que la falla por compresión en el paño de albañilería queda descartada salvo en aquellos muros construidos con unidades con baja resistencia a la compresión, recomendó continuar con su investigación concentrándose en la determinación empírica del coeficiente de reducción a la compresión en función de la orientación de la junta horizontal de mortero para muros construidos con unidades de albañilería.

Guzmán, Zambrano, & Mayra (2014), en su tesis de pregrado, se plantearon la meta de realizar un análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados pétreos de la región oriental, a través de normas ASTM. Realizaron una investigación explorativa en la que primero recolectaron la información pertinente y óptima relacionada con la investigación, seguidamente realizaron ensayos en laboratorio; y con los resultados, llegaron a la conclusión de que todos los ensayos realizados a los agregados de cada cantera indican que son aptos y/o recomendados para la elaboración de concreto, siempre y cuando sean utilizados en proporciones adecuadas y en las condiciones favorables, según las características de cada obra, existen diferentes factores relacionados entre sí que determinarán la calidad del concreto obtenido a través del desarrollo y proporcionamiento de la mezcla de concreto, así como el funcionamiento y servicialidad.



Valbuena, Serna, & García (2016), en su artículo científico, tuvo como objetivo examinar la capacidad de soportar cargas de compresión de dos tipos de mortero (A y B), hechos con arena triturada y otras de origen natural de Usme, en Bogotá. Como resultados se obtuvo que la resistencia a la compresión alcanzada por el mortero tipo A al final del estudio fue en promedio de un 84 % de la esperada, mientras que para los morteros tipo B esta fue en promedio un 64 % por encima de la espera. Se concluyó que las mezclas de mortero elaboradas con arena triturada o de peña (A), no alcanzan la resistencia a la compresión exigida por las normas, a pesar de cumplir con la dosificación establecida en la NSR 10 y con los criterios de calidad de las NTC; mientras que la arena de origen natural o de natural de río si cumplen con dichas normas.

Azevedo, Delgado, Guimarães, Silva, & Oliveira (2019), en su artículo, dicen que del análisis de uno de los ensayos se puede saber que, para los prismas sin recubrimiento, la dureza fue menor que en los demás prismas estudiados. No hay diferencia significativa en el comportamiento de los prismas realizados con mortero fuerte y débil, tanto para prismas de dos como de tres bloques. La fuerza media de resistencia a la compresión de los prismas sin recubrimiento con dos y tres bloques fue de 9.2 kN y 9.49 kN respectivamente, representa una diferencia del 2.4 %, sin embargo, si a los prismas se le agrega recubrimiento de mortero, su resistencia aumenta en un 14% aproximadamente. En el estudio, se concluye que los revestimientos contribuyen a aumentar la resistencia a compresión vertical de las pilas estudiados.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Arce & Yañez, (2013), en su tesis de pregrado, plantearon como objetivo general determinar calidad del agregado de la cantera del río Guayacondo, con fines de elaboración de concreto. Realizaron una investigación de tipo básico, nivel descriptivo,



además que es de diseño simple. Trabajó con la población cantera del río Guayacondo, distrito de Tambillo, provincia de Huamanga, región Ayacucho y la muestra en el cual se extrajo material de calicatas en 4 puntos al azar ubicados en los bancos de materiales. Obtuvo como resultado 4.87 % de contenido de humedad, 8 % de absorción, un peso específico de  $2.51 \text{ gr/cm}^3$ , peso unitario de  $1545.86 \text{ kg/m}^3$  de la arena extraída de la cantera del río Guayacondo y determinaron de que los agregados de esa cantera son recomendables para fabricar concreto con cemento Portland, ya que este alcanzó una resistencia de  $283.32 \text{ kg/cm}^2$  para un diseño de  $280 \text{ kg/cm}^2$ .

Pérez (2014), en su tesis de pregrado, plantea como objetivo evaluar las propiedades mecánicas y físicas de los agregados de la cantera *Santa Rosa – Jaen* para diseñar un concreto  $f'c$  de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , obtuvo como resultados un módulo de fineza de 3.11, un porcentaje de absorción de 2.25 %, 2.72 % de contenido de humedad, un peso específico de  $2.55 \text{ gr/cm}^3$ , un peso unitario suelto de  $1.611 \text{ gr/cm}^3$ , el desgaste por abrasión por la máquina de los ángeles es del 19.74 %. Concluye que sus resultados se verifican con las especificaciones técnicas correspondientes, determinando que el agregado cumple con las propiedades para el diseño de un concreto  $f'c$  de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , ya que, a los 28 días, alcanzó una resistencia de  $287.97 \text{ kg/cm}^2$ .

Cardenas & Baca (2016), en su tesis, investigaron sobre el cómo la calidad del mortero producido con arena de canteras cercanas afecta la resistencia de las estructuras de albañilería en Chachapoyas. Realizaron un estudio de tipo aplicada y explicativa, un diseño de investigación experimental, la muestra es de tres canteras, una cantera de río y dos canteras de cerro (muestreo no probabilístico), y la población está conformada por cinco canteras de arena, tres canteras de río y dos canteras de cerro. Obtuvieron como resultado un análisis de cómo la calidad del mortero elaborado a partir de arena extraída





de canteras cercanas afecta a la resistencia de la albañilería y concluyeron que la resistencia a la compresión de los morteros construidos con arena de las canteras Cerro Colorado, Río Utcubamba y San Isidro fue de  $150 \text{ kg/cm}^2$ ,  $77.56 \text{ kg/cm}^2$  y  $30.89 \text{ kg/cm}^2$ , y utilizando mortero de arena de las canteras Cerro Colorado, Río Utcubamba y San Isidro, se obtuvo una resistencia a la compresión axial de las pilas de albañilería  $60.76 \text{ kg/cm}^2$ ,  $43.98 \text{ kg/cm}^2$  y  $43.98 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.

Medina & Huarca (2016), en su investigación de pregrado, examinó el cambio en la capacidad de resistencia a la compresión vertical en prismas al utilizar ladrillos tipo “blocker” con mortero estandarizado de tipo P2 en comparación con la resistencia proporcionada por un mortero estandarizado de tipo NP. Para el cual, realizaron una investigación de tipo aplicada, nivel correlacional y diseño experimental, obteniendo resultados de la compresión axial en las que, en la mayoría de las pruebas realizadas, el modo de fallo principal consiste en la formación de fisuras verticales que se originan en las unidades de albañilería, seguidas de un desprendimiento que conduce a una falla frágil, culminando con una compresión en la parte superior y la base del espécimen. Se concluye que al utilizar ladrillos tipo “blocker” y un mortero estandarizado de tipo P2, la capacidad de resistencia a la compresión vertical en prismas era superior en más del 10% a la resistencia proporcionada por un mortero estandarizado de tipo NP, con  $2.04 \text{ kg/cm}^2$  y  $26.39 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.

Salinas & Llanque (2017) realizaron un estudio con el objetivo de determinar la relación entre la resistencia a la compresión vertical de la albañilería al emplear mortero artesanal y morteros que siguen las normas, en relación a grosores de juntas de 1.50 cm, 2.00 cm y 2.50 cm. El tipo de investigación fue cuantitativa, la característica de su estudio fue descriptiva, utilizaron el método hipotético-deductivo y el diseño fue cuasi-



experimental. Sus resultados fueron la capacidad de soportar compresión vertical de columnas construidas mediante el uso de mortero artesanal compuesta por cemento, arena con relación en volumen 1:5 para espesores de junta 1.5, 2.0, y 2.5 cm llegando a una resistencia característica de  $63.87 \text{ kg/cm}^2$ ,  $59.27 \text{ kg/cm}^2$  y  $52.92 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, mortero normado compuesta por cemento, arena con relación en volumen 1:4 para espesores de junta 1.5, 2.0, y 2.5 cm llegando a una resistencia característica de  $70.03 \text{ kg/cm}^2$ ,  $65.21 \text{ kg/cm}^2$  y  $57.93 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, realizaron pruebas de resistencia a la compresión en cubos construidos con mortero artesanal compuesto por arena que tiene un módulo de fineza de 3.35 y una densidad en estado suelto de  $1.45 \text{ gr/cm}^3$  con relación en volumen 1:5, normado compuesta por arena que tiene un módulo de fineza de 2.27 y una densidad en estado suelto de  $1.44 \text{ gr/cm}^3$  con relación en volumen 1:4, obtuvo como resultado que la resistencia promedio a la compresión de cubos de mortero artesanal se sitúa en  $43.88 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que la resistencia promedio a la compresión de cubos de mortero conforme a las normas alcanza los  $75.16 \text{ kg/cm}^2$ . Llegando a la conclusión de que el mortero artesanal no es adecuado para la construcción de muros de albañilería en situaciones donde necesiten una resistencia a la compresión superior a  $55 \text{ kg/cm}^2$ .

Huisa & Salas (2017) realizaron una investigación con el objetivo de calcular cómo cambian los factores de corrección debido a los efectos de la relación altura-anchura (esbeltez) y determinar la resistencia a compresión axial en pilas de albañilería con mortero P2, logrados al evaluar prismas de albañilería construidas con ladrillos King Kong de 18 orificios de origen semiindustrial y mortero de tipo P2. En comparación con los criterios establecidos en la Norma Técnica E.070, se trabajó con una población compuesta por prismas de albañilería construidas utilizando ladrillos King Kong de 18 cavidades de producción semiindustrial y una muestra de 144 pilas de albañilería, obtuvieron resultados donde el  $f'_m$  nominal fluctúa entre  $21.06 \text{ kg/cm}^2$  y  $37.92 \text{ kg/cm}^2$ ;



y llegaron a la conclusión que la resistencia a la compresión en pilas no logró alcanzar un nivel de resistencia de  $50 \text{ kg/cm}^2$ , la cual fue su sub hipótesis cinco.

Arias (2018), en su tesis previa a la obtención del grado de Maestro en Ciencias e Ingeniería Mención en Ingeniería Estructural, tuvo como uno de sus objetivos la determinación y estudio de las características mecánicas de pilas de albañilería. Realizó una investigación aplicada, comparativa y cuantitativa de diseño experimental, en la que analiza las pilas y muretes, a las que sometieron a ensayos de rotura y caracterización, para un análisis cuantitativo de las resistencias: a compresión y tracción se obtuvo como resultado el promedio de los esfuerzos y las elasticidades y el valor característico de las muestras y de la población. Se concluye que la capacidad de resistencia a la compresión vertical de prismas de albañilería hechas con unidades sólidas fabricadas de manera manual es de  $24.31 \text{ kg/cm}^2$ , con una variación de 41.8 %, la cual no satisface los estándares normativos, la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería con unidades industriales King Kong 18 huecos es de  $51.85 \text{ kg/cm}^2$  con dispersiones de 35.8 % y 25.2 % el cual no cumple con la normatividad, el módulo de elasticidad de los prismas de albañilería con unidades sólidas artesanales es de  $4\,406.68 \text{ kg/cm}^2$  con una dispersión de 10.1 % el cual no cumple con la normatividad, el módulo de elasticidad de los prismas de albañilería con unidades industriales King Kong 18 huecos es de  $55\,489.36 \text{ kg/cm}^2$  con una dispersión de 13.2 %, el cual se encuentra en conformidad con las regulaciones o normativas aplicables.

Gómez (2018), en su tesis de pregrado, planteó como objetivos evaluar algunas propiedades del muro de albañilería de arcilla cocida según la dosificación de agua en el mortero seco al momento de su preparación y evaluar las características del mortero cuando está seco en su estado recién preparado y cuando ha alcanzado su estado



endurecido. En su investigación, realizó ensayos de resistencia a la compresión en prismas de albañilería y obtuvo como resultados  $67.26 \text{ kg/cm}^2$  (con cantidad de agua recomendada) y  $71.87 \text{ kg/cm}^2$  (con mayor cantidad de agua que lo recomendado) llegó a las conclusiones: Al aumentar la fluidez del mortero los valores de resistencia a compresión del mortero disminuyen. Los valores de resistencia de prismas con mortero patrón resultaron mayores a los valores establecidos en la Norma Técnica E.070 ( $65 \text{ kg/cm}^2$ ).

Cabrera (2018), en su investigación, planteó como objetivo examinar la capacidad de resistencia en pilas de albañilería hechas con ladrillos de arcilla (Hércules I) y mortero de 1.5 cm de espesor, los cuales han sido producidos en la ciudad de Tacna. Realizó una investigación explicativa, de nivel comprensivo y un diseño de laboratorio, la población de estudio fueron las casas que presentaron la unidad de albañilería “Hércules I” y la muestra fue las unidades de albañilería “Hércules I”. Obtuvo resultados de ensayos a la compresión axial y concluyó que el promedio de las capacidades características de resistencia a la compresión vertical ( $f'_m$ ) es de  $48.60 \text{ kg/cm}^2$  y la resistencia al corte ( $v'_m$ ) es de  $5.92 \text{ kg/cm}^2$ , cifras que no se ajustan a los estándares establecidos en la normativa para ladrillos industriales ( $65 \text{ kg/cm}^2$ ).

Huamán (2019), en su tesis de pregrado, plantea como uno de sus objetivos evaluar el impacto del aditivo Súper Chema en la capacidad de soportar compresión vertical en las pilas de albañilería. La metodología fue tipo aplicada, de nivel descriptivo y de diseño experimental. Obtuvo resultados de los ensayos resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería que recibieron un proceso de curado utilizando abundante agua  $38.90 \text{ kg/cm}^2$ ,  $43.08 \text{ kg/cm}^2$  y  $40.50 \text{ kg/cm}^2$ , de los ensayos a compresión axial en prismas curadas con aditivo Súper Chema Curador  $39.17 \text{ kg/cm}^2$ ,  $44.52 \text{ kg/cm}^2$



y 52.04 kg/cm<sup>2</sup>. Resultó que el uso del aditivo Súper Chema mejora la resistencia a la compresión vertical en prismas de albañilería.

Palomino (2019), en su tesis de pregrado, planteó como objetivo general analizar cómo el valor del módulo de finura del agregado afecta las características del mortero cuando está recién preparado y una vez que ha alcanzado su estado endurecido. Obtuvo como resultados ensayos de resistencia a la compresión en mortero endurecido con dosificación cemento:arena 1:3, se ensayó 4 cubos por muestra de mortero (mortero A, B, C y D) a los 7, 14 y 28 días de curado, donde, el promedio de estas fueron para el mortero A con un módulo de fineza de 1.9 la resistencia a la compresión fueron de 128.53 kg/cm<sup>2</sup>, 134.54 kg/cm<sup>2</sup> y 145.44 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días respectivamente, para el mortero B con un módulo de fineza de 2.3 la resistencia a la compresión fueron de 137.22 kg/cm<sup>2</sup>, 152.58 kg/cm<sup>2</sup> y 159.15 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días respectivamente, para el mortero C con un módulo de fineza de 3.00 la resistencia a la compresión fueron de 195.24 kg/cm<sup>2</sup>, 233.05 kg/cm<sup>2</sup> y 252.74 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días respectivamente y para el mortero D con un módulo de fineza de 3.4 la resistencia a la compresión fueron de 179.22 kg/cm<sup>2</sup>, 214.45 kg/cm<sup>2</sup> y 238.27 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Llegó a la conclusión de que los morteros que utilizan agregados con un módulo de finura menor exhiben una mejor capacidad de unión con las unidades de albañilería, menos peso y una menor tendencia a la exudación. Por otro lado, cuando se emplean agregados con un módulo de finura mayor, se observa un incremento en la resistencia a la compresión y a la tracción del mortero.

Cieza (2021), en su tesis de pregrado, planteo como objetivo evaluar las propiedades físico – químicas del agregado fino de las principales canteras del distrito de Conchán para la elaboración de concreto, para el cual realizó una investigación de tipo



mixta, en primera instancia trabajó con el método lógico deductivo, para luego trabajar con el método experimental. La población de estudio fueron las canteras cuyo material es un agregado fino (arena) y la muestra fue no probabilística determinada según el criterio del autor. Obtuvo como resultados una evaluación de cinco canteras conformadas por Conchán la cual posee un 15.71 % de contenido de humedad, un módulo de fineza de 2.24, una densidad de 2.64 gr/cm<sup>3</sup>, 0.93 % de absorción, un peso unitario compactado de 1.6 gr/cm<sup>3</sup>, un peso unitario suelto de 1.46 gr/cm<sup>3</sup>, San Francisco 2 la cual posee un 10.38 % de contenido de humedad, un módulo de fineza de 2.58, una densidad de 2.72 gr/cm<sup>3</sup>, 2.04 % de absorción, un peso unitario compactado de 1.69 gr/cm<sup>3</sup>, un peso unitario suelto de 1.53 gr/cm<sup>3</sup>, y llegó a la conclusión de que las canteras San Francisco 2 y Conchán son las que poseen mejores características para la elaboración de concreto, pero la cantera San Francisco 2 tiene baja disponibilidad, tan solo representa el 4.99 % del volumen total de la cantera Conchán.

### 2.1.3. Antecedentes locales

Lipa (2016), en su tesis de pregrado, plantea como parte de su objetivo determinar los efectos de los agregados de la cantera de *Viluyo* en la calidad del concreto, esta investigación fue de tipo cuantitativo, aplicado y experimental, de nivel explicativo, la población fue la población de Puno y se usó un muestreo aleatorio simple, de los resultados obtenidos de los agregados se tiene que el material más fino que pasa la malla Nro. 200 es 5.96 %, el módulo de fineza del agregado fino usado de la cantera de *Viluyo* es 2.43, tuvo una absorción de 2.39 %, un peso específico de 2.6 gr/cm<sup>3</sup>, un peso unitario suelto y compactado de 1.42 gr/cm<sup>3</sup> y 1.53 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente, un contenido de humedad de 6.43 %. Concluye que las propiedades de la cantera de *Viluyo* no son óptimas para el diseño de mezclas de concreto.



Lipa (2020), en su tesis de pregrado, plantea como objetivo determinar la influencia de la calidad de los agregados para elaborar concretos. Esta investigación fue de tipo básica, de nivel experimental, diseño corte transversal, la población fueron las canteras “*Cutimbo y Santa María*” y se usó un muestreo en función a los ensayos a realizar. Los resultados obtenidos de los agregados se obtuvieron de tres puntos distintos (calicatas) C-01, C-02 y C-03 de la cantera *Cutimbo*, el módulo de fineza del agregado fino es de 3.12, 3.38 y 3.29, respectivamente; el peso unitario suelto y compactado del agregado fino es de 1.52 gr/cm<sup>3</sup>, 1.68 gr/cm<sup>3</sup>; 1.49 gr/cm<sup>3</sup>, 1.61 gr/cm<sup>3</sup> y 1.47 gr/cm<sup>3</sup>, 1.619 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente, el peso específico del agregado fino es de 2.51 gr/cm<sup>3</sup>, 2.55 gr/cm<sup>3</sup> y 2.6 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente; y el porcentaje de absorción del agregado fino es de 2.17 %, 2.62 % y 4.00 %, respectivamente. Concluye que las propiedades de la cantera de *Santa María* son mejores que las de *Cutimbo* para la preparación de concreto.

Colque (2021), con el objetivo de sugerir mejoras en la integridad estructural de los ladrillos hechos a mano utilizados en casas construidas por sus propios habitantes, realizó una investigación de enfoque cuantitativo de tipo aplicada con método deductivo – cuasi experimental. Consideró la población finita debido a que la cantidad de ladrilleras artesanales es de tres y cada uno produce un aproximado de 9 millares por mes y el tipo de muestra a obtener fue no probabilista a juicio o conveniencia. Obtuvo como resultado que es posible lograr una mejora en la calidad estructural mediante la incorporación de aserrín. Concluye que la propuesta de la investigación mejoró la calidad estructural de los ladrillos artesanales para viviendas autoconstruidas en la ciudad de Puno. La resistencia a la compresión axial en unidades de albañilería mejoradas es 64.74 kg/cm<sup>2</sup> que representa un incremento del 16.13 % con respecto a la producción tradicional.



Ccama (2021) hizo una investigación con el objetivo principal es comparar y analizar las características y la capacidad de resistencia de tres tipos diferentes de ladrillos: artesanales, semimecanizados y mecanizados, que se utilizan para construir paredes y techos, además de determinar las similitudes y diferencias entre los ladrillos artesanales y mecanizados King Kong en términos de resistencia y características, utilizados para la construcción en la ciudad de Puno. En su investigación, utilizó el método hipotético deductivo con un tipo de investigación descriptivo no experimental y cuyo diseño fue evaluativo comparativo. La población estuvo conformada por ladrillos artesanales y la muestra fue de 190 ladrillos, de los cuales fueron 100 King Kong, 45 pandereta y otros 45 de hueco o para techos. Obtuvo como resultado que para un ladrillo tipo I la resistencia promedio es  $31.06 \text{ kg/cm}^2$  para ladrillera artesanal y  $45.6 \text{ kg/cm}^2$  para la ladrillera mecanizada. Concluye que el obtener unidades de un solo tipo de ladrillo ayuda a reducir la variabilidad de las propiedades más importantes, optimizando la calidad final de la estructura, la variabilidad de los resultados obtenidos confirma la necesidad de controlar cada muestra, la mejor elección para el uso de ladrillos utilizados para la construcción en la ciudad de Puno, resulta ser el ladrillo mecanizado.

Quispe & Castillo (2022), en su investigación, utilizando tres tipos de mortero diferentes: mortero convencional (cemento-arena), mortero con aditivo y mortero polimérico. El objetivo principal fue evaluar la resistencia mecánica de la albañilería en pilas, su tipo de investigación fue aplicada, con un nivel correlacional, diseño experimental, los ladrillos de King Kong formaron la población de su investigación y la muestra de estudio fue de 462 ladrillos. Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron en pilas construidas con mortero convencional (cemento: arena) en edades de 14 y 28 días llegando a una resistencia característica de  $57.61 \text{ kg/cm}^2$  y  $72.01 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente y mortero incorporado con aditivo SikaLatex a edades de 14 y 28 días





llegando a una resistencia característica de  $61.81 \text{ kg/cm}^2$  y  $77.99 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente. Cabe señalar que las resistencias a la compresión en cubos de mortero de las pilas a edades de 14 y 28 días fueron mortero convencional  $69.58 \text{ kg/cm}^2$ ,  $75.82 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente; y mortero incorporado con aditivo SikaLatex  $84.7 \text{ kg/cm}^2$ ,  $85.02 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente. Concluyeron que la resistencia característica a la compresión de las pilas construidas con mortero con aditivo SikalateX® y las pilas construidas con mortero polimérico aumentaron un 8.3 %. La masa DunDun disminuyó un 76.49 % en comparación con la resistencia característica a la compresión de la muestra estándar.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Generalidades**

Según las especificaciones de la Norma E.070, el mortero será hecho de una mezcla de aglomerantes y agregado fino que deberá mezclarse con la mayor cantidad de agua para lograr una combinación fácil de manipular, de buena adherencia y que no muestre separación del agregado.

En construcciones tradicionales de albañilería, se emplean ladrillos asentadas con mortero. Este mortero desempeña un papel crucial al nivelar las imperfecciones de las piezas de albañilería, al mismo tiempo que las conecta o adhiere para formar un conjunto resistente, impermeable y con cierta capacidad para soportar tensiones de tracción (Gallegos & Casabonne ,2005).

Cuando se trata de un muro de albañilería que soporta cargas estructurales, el mortero desempeña un papel crucial en la resistencia del conjunto, entonces, la resistencia a la compresión del ladrillo y mortero debería ser similar; el mortero normalmente se compone de arena, agua y cemento Portland tipo I (Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).



## **2.2.2. Calidad del mortero**

Según la RNE Norma E.070, un mortero debe ser trabajable, adhesivo y sin segregación del agregado para ser considerado de buena calidad. Sin embargo, Gallegos & Casabonne (2005) afirma que la resistencia a la compresión es un indicador crucial de calidad del concreto, y la capacidad de resistencia a la compresión es una medida comúnmente utilizada para evaluar la calidad de un mortero, la cual se determina a través de la prueba de un cubo de 5 cm de lado, entonces es necesario estudiar los componentes del mortero y sus propiedades para así poder determinar su calidad.

## **2.2.3. Clases de mortero**

### **2.2.3.1. Morteros artesanales**

Estos morteros se fabrican manualmente en el lugar de trabajo utilizando una proporción que depende de la discreción del albañil o supervisor de la obra. La elaboración de la mezcla y su posterior seguimiento carecen de estándares de calidad, lo que significa que no se someten a pruebas de calidad y están sujetos a un conocimiento técnico sin garantías formales (Salinas & Llanque, 2017).

### **2.2.3.2. Mortero industrial**

En Perú, los morteros industriales se venden en dos versiones: envasados en bolsas secas o premezclados, que ya incluyen agua. Los morteros en bolsa deben almacenarse de manera adecuada, siguiendo las mismas pautas que se aplican al cemento envasado, para almacenarse deben apilarse en grupos de no más de 10 bolsas sobre una base de madera, protegerse de la lluvia y no conservarse por más de 6 meses. (Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).



### **2.2.3.3. Mortero tradicional**

Se refiere a una combinación homogénea de un aglutinante (cemento), un material de llenado (arena o agregado fino), agua y, en ocasiones, aditivos. En esencia, es similar al concreto, pero carece de agregado grueso. (Gutiérrez de López, 2003).

### **2.2.4. Componentes del mortero**

En el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.070 mencionan los componentes del mortero que son:

#### **2.2.4.1. Cemento**

Según Bartolomé, Quiun, & Silva (2018), principalmente se emplea cemento Portland normalizado de tipo I, junto con cemento adicionado de tipo puzolánico, se encuentra disponible en bolsas de 1 pie cúbico (equivalente a 0.0283 m<sup>3</sup>) con un peso de 42.5 kg.

La capacidad de adherencia y la resistencia a la compresión de los morteros dependen en gran medida del cemento Portland. Sin embargo, cuando se utilizan morteros compuestos únicamente de cemento sin cal, tienen una textura rugosa, poca capacidad de retención y son difíciles de manejar, el cemento Portland es un componente esencial de los morteros, pero es importante entender que la cal es necesaria para que la construcción de albañilería funcione al máximo, la falta de cal puede causar problemas como la formación de juntas excesivamente gruesas al intentar mejorar la trabajabilidad del mortero (Gallegos & Cassabone, 2005).

#### **2.2.4.2. Agregado fino**

Es recomendable emplear agregado fino que tenga partículas de forma redondeada y una granulometría completa, lo que significa que las partículas varían en tamaño y

pueden llenar eficazmente los espacios vacíos con el material cementante, La granulometría requerida se establece en la Norma Técnica E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

El agregado fino estará compuesto por arena natural, arena fabricada o una mezcla de ambas, este tipo de agregado proviene de la descomposición de las rocas, ya sea de forma natural o artificial, y tiene un tamaño que permite su paso a través de un tamiz de 9.5 mm (3/8") (Arapa & Mamani, 2018).

**Tabla 1**

*Granulometría de la arena gruesa*

<b>Malla ASTM</b>	<b>% que pasa</b>
Nro. 4 (4.75 mm)	100
Nro. 8 (2.36 mm)	95 a 100
Nro. 16 (1.18 mm)	70 a 100
Nro. 30 (0.60 mm)	40 a 75
Nro. 50 (0.30 mm)	10 a 35
Nro. 100 (0.15 mm)	2 a 15
Nro. 200 (0.075 mm)	Menos de 2

*Nota.* Granulometría recomendada para la preparación de mortero.

*Fuente:* Norma E.070.

La Norma E.070 RNE recomienda una granulometría (Tabla 1), además establece que no debe quedar atrapado más del 50 % de la arena entre dos mallas consecutivas y señala que el módulo de fineza debe estar en el rango de 1.6 a 2.5 y el porcentaje máximo de partículas frágiles no debe superar el 1 % en peso. También se prohíbe el uso de arena de origen marino.

La Norma E.070 se admite la utilización otras granulometrías con la condición de que los resultados de las pruebas en columnas y muros cumplan con los valores de resistencia especificados en los planos o también se puede emplear los valores de la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Resistencias características de la albañilería*

<b>Resistencias características de la albañilería Mpa (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
<b>Materia Prima</b>	<b>Denominación</b>	<b>Unidad <math>f_b</math></b>	<b>Pilas <math>f_m</math></b>	<b>Muretes <math>v_m</math></b>
<b>Arcilla</b>	<b>King Kong artesanal</b>	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
	<b>King Kong industrial</b>	12.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)
	<b>Rejilla industrial</b>	21.1 (215)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
<b>Silice – cal</b>	<b>King Kong normal</b>	15.7 (160)	10.8 (110)	1.0 (9.7)
	<b>Dédalo</b>	14.2 (145)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
	<b>Estándar y mecano</b>	14.2 (145)	10.8 (110)	0.9 (9.2)
<b>Concreto Bloque Tipo P (*)</b>		4.9 (50)	7.3 (74)	0.8 (8.6)
		6.4 (65)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
		7.4 (75)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
		8.3 (85)	11.8 (120)	1.1 (10.9)

*Nota.* Resistencias características de la albañilería según Norma E.070, en esta investigación se utilizó King Kong Industrial en Pilas.

*Fuente:* Norma E.070.

#### **2.2.4.1. Agua**

El agua utilizada debe ser segura para el consumo humano y no debe contener sustancias dañinas, ácidos, alcalinos o materia orgánica (Quispe & Castillo, 2022).



## **2.2.5. Propiedades físicas del agregado fino utilizado para mortero**

### **2.2.5.1. Peso unitario**

Es la masa que llena un volumen específico y puede ser representada como masa unitaria en estado suelto o masa unitaria en estado compactado, dependiendo de las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo la prueba. El concepto de masa unitaria en estado suelto se emplea para la conversión entre cantidades expresadas en masa y cantidades expresadas en volumen, o viceversa (Palomino, 2019).

Según la Norma NTP 400.017, “Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad y los vacíos en los agregados”, este procedimiento de ensayo se emplea para calcular los valores de densidad de masa requeridos en numerosos procedimientos de elección de proporciones para la elaboración de mezclas de concreto.

### **2.2.5.2. Peso específico y absorción**

El peso específico refleja la relación entre la masa de un volumen unitario de un material y la masa de ese mismo volumen de agua. Se utiliza como un indicador para evaluar la calidad de un agregado, donde valores más altos sugieren una mejor calidad del material, mientras que valores más bajos indican agregados porosos y menos resistentes, es importante señalar que estas indicaciones deben ser respaldadas por pruebas adicionales, por otro lado, la absorción de un agregado se refiere a su capacidad para retener agua en los espacios internos formados por sus poros, y esta característica está directamente relacionada con la porosidad del agregado, esto influye en la trabajabilidad, en la resistencia y en la densidad del mortero o concreto (Palomino, 2019).

El este método de ensayo se utiliza para calcular los valores de densidad relativa y absorción del agregado fino se establece en la Norma NTP 400.022 “Determinación de la densidad relativa y absorción del agregado fino”.



### **2.2.5.3. Contenido de humedad**

La humedad es la cantidad de agua presente en el agregado y se representa como un porcentaje en relación con el peso total del agregado, esta medida es relevante tanto en el concreto como en el mortero, ya que tiene un impacto en diversas propiedades como la fluidez, resistencia, exudación y contracción, entre otras, es esencial destacar que la humedad es una variable que puede variar según la condición del agregado y las condiciones ambientales en las que se encuentre (Palomino, 2019).

El procedimiento para calcular el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado se establece en la Norma NTP 339.185, que se denomina “Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”.

### **2.2.5.4. Contenido del material más fino**

Se refiere a partículas con una apariencia de polvo muy fino, con un diámetro menor a 0.075 mm. Un exceso de estas partículas puede ser perjudicial para el concreto y el mortero, ya que pueden debilitar la unión entre la pasta de cemento y el agregado, así como reducir la durabilidad y la resistencia al desgaste del mortero (Palomino, 2019).

La Norma NTP 400.018 “Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  No. 200 por lavado en agregados” establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz normalizado Nro. 200 en el agregado a utilizarse en la elaboración de morteros.

### **2.2.5.5. Análisis granulométrico del agregado fino**

El módulo de finura es el factor más significativo a considerar al analizar un agregado, ya que aporta la mayor cantidad de volumen a la mezcla de mortero. El módulo



de finura proporciona una indicación del tamaño promedio de las partículas; cuanto menor sea el valor del módulo de finura, más fina será la arena, no obstante, es importante destacar que el módulo de finura no proporciona una medida directa de la distribución de tamaños de partículas, ya que dos arenas con el mismo módulo de finura pueden tener distribuciones de partículas completamente distintas, la Norma E.070 de Albañilería recomienda el uso de arenas gruesas con módulos de finura que oscilen entre 1.6 y 2.5, sin embargo, muchas de las arenas gruesas procedentes de diversas canteras en el país tienen un módulo de finura mayor (Palomino, 2019).

## **2.2.6. Influencia de los componentes del mortero en sus propiedades**

### **2.2.6.1. Cemento**

El cemento Portland desempeña un papel crucial en la capacidad de adhesión y en la resistencia a la compresión, tanto en las etapas iniciales como en las finales, de los morteros, sin embargo, los morteros que consisten únicamente en cemento sin la presencia de cal tienden a presentar una textura áspera y tienen dificultades para retener su consistencia, lo que los hace complicados de manejar, además, generan áreas de contacto con una extensión limitada que se localizan de manera puntual y se ramifican tentativamente, estos morteros también se caracterizan por experimentar contracciones durante el proceso de fraguado, lo que puede causar retracción en el mortero y comprometer la adherencia lograda con las unidades de albañilería (Vargas, 1994 citado en Palomino, 2019, p.23).

### **2.2.6.2. Arena**

Cuando se disminuye la proporción de cemento por unidad de volumen en la mezcla, la arena cumple un papel esencial al controlar y distribuir las deformaciones causadas por la contracción del cemento durante el fraguado, además de contribuir a la





adherencia, dado que los límites de tamaño de partículas de la arena son bastante amplios. Esto resulta en una variabilidad considerable en las propiedades de los morteros, incluso cuando estas propiedades son satisfactorias según las normativas. Se ha observado que las arenas gruesas tienden a producir morteros con una textura rugosa y una mayor resistencia a la compresión, mientras que las arenas finas mejoran la capacidad de adherencia, por lo tanto, se recomienda dar preferencia a las arenas que tengan una distribución de partículas completa y bien graduada, ya que esto dará como resultado morteros que sean fáciles de trabajar y tengan una buena capacidad de adhesión (Gallegos & Casabonne, 2005).

### **2.2.6.3. Agua**

El agua tiene influencia en el mortero ya que, para alcanzar la adherencia óptima, se debe buscar la consistencia máxima que sea compatible con la manipulación del mortero utilizando una paleta. Si la consistencia del mortero se ve afectada por el secado, se debe agregar agua para restablecerla, siempre y cuando esta acción se realice antes del comienzo del proceso de fraguado inicial del mortero (Gallegos & Casabonne, 2005).

## **2.2.7. Propiedades del mortero en prismas de albañilería**

### **2.2.7.1. Trabajabilidad**

La propiedad más crucial del mortero en estado plástico es su trabajabilidad, que está influenciada por una variedad de factores, incluida la finura del aglomerante, la proporción entre el cemento y el agregado, la distribución de tamaños de partículas, la cantidad de material fino y la forma y textura del agregado. No hay un método específico para medir la trabajabilidad, por lo que lo que se mide en el laboratorio es la fluidez del mortero (Palomino, 2019).



### **2.2.7.2. Consistencia**

Este término se refiere a la capacidad del mortero para moverse o fluir, y esta propiedad está directamente relacionada con la cantidad de agua presente en el mortero, diversos tipos de mortero necesitan distintos niveles de contenido de agua para alcanzar el mismo grado de humedad, la consistencia óptima varía según el uso previsto del mortero, en la realidad, es el albañil quien decide cuál es la consistencia más adecuada según sus necesidades, y puede lograrla añadiendo agua a la mezcla (Meza, 2004 citado en Palomino, 2019, p.19).

### **2.2.7.3. Resistencia a la compresión**

La capacidad de un mortero para soportar fuerzas de compresión se conoce como su resistencia a la compresión. Cuando el mortero se utiliza como adhesivo en la albañilería, es esencial que proporcione una unión resistente. Además, la resistencia a la compresión del mortero es un factor importante que determina la resistencia final de una pared de albañilería, la resistencia a la compresión del mortero depende principalmente del tipo de aglomerante, de la proporción de agua respecto al cemento, de la relación entre el agregado y el aglomerante, no obstante, las características de la arena a emplear también pueden ejercer influencia en esta propiedad (Palomino, 2019).

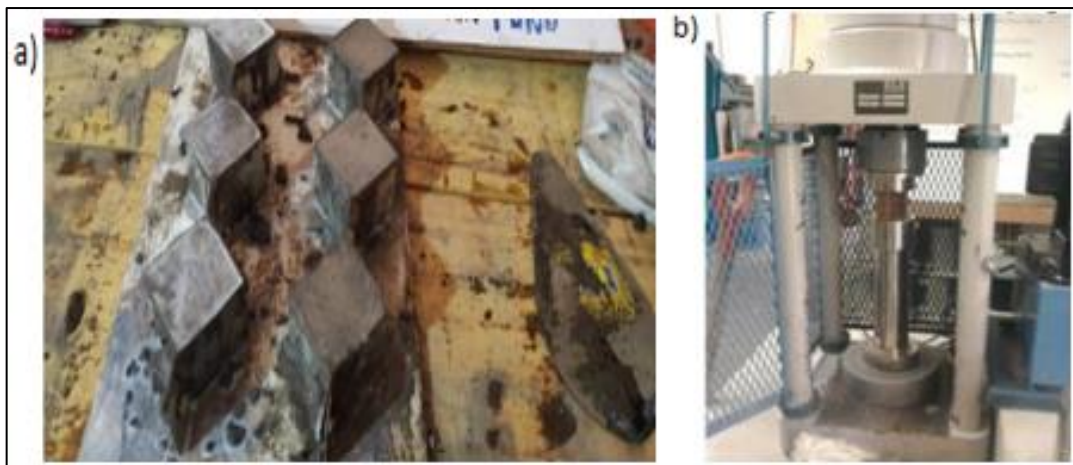
### **Ensayo de compresión en morteros**

La NTP 334.051 “Determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico utilizando especímenes cúbicos de 50 mm de lado” dice que la manera de evaluar la resistencia a la compresión en morteros implica la ruptura de muestras cuadradas con lados de 50 mm (Figura 1), se preparan utilizando una mezcla de mortero con una mezcla cemento:arena 1:4 medida en peso, en el caso de cementos Portland con contenido de aire incorporado, se mezclan de acuerdo con una relación específica entre

el agua y el cemento, utilizando un compactador, estos cubos de mortero de 50 mm de lado se compactan en dos capas, los cubos se mantienen en el molde durante un día antes de ser retirados y sumergidos en una solución de agua con cal antes de ser sometidos a ensayos.

### Figura 1

*Ensayo de compresión en morteros*



*Nota.* a) Cubos de 50 mm b) Máquina para ensayo a compresión.

*Fuente:* Quispe & Castillo, (2022, p. 50).

El tamaño de los granos de arena ejerce un impacto en la resistencia del mortero, puede suponerse que una arena densa, es decir, aquella que contiene la menor cantidad de poros cuando está seca, al ser mezclada con una proporción determinada de cemento, resultará en un mortero más compacto y, por lo tanto, más resistente. No obstante, esto no siempre es el caso, ya que la incorporación de cemento y agua modifica la estructura física del agregado, la arena fina contiene una mayor cantidad de granos en una unidad de volumen, lo que conlleva a un mayor número de puntos de contacto entre los granos, al agregar agua, estos granos pueden separarse debido a la tensión superficial del líquido,



alterando así la composición de la mezcla (Sánchez De Guzmán, 2001 citado en Palomino, 2019, p.20).

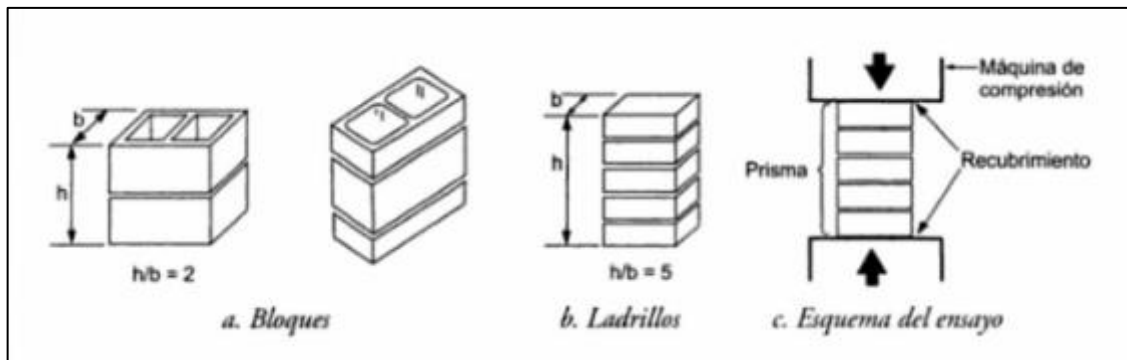
### **2.2.8. Prismas de albañilería**

Según Bartolomé, Quiun, & Silva, (2018), así como se fabrican probetas de concreto y se le ensaya a compresión para verificar su calidad, de manera similar, según la Norma E.070, se deben construir prismas de albañilería llamados también “pilas”, que deberían ser contruidos bajo las mismas condiciones que se utilizarían para construir muros verdaderos. Los ensayos realizados en estos (Figura 2) permiten evaluar la resistencia a la compresión ( $f'_m$ ), lo que da como resultado una estimación de los niveles de resistencia que se pueden esperar en un muro real, además, las formas de falla observadas en estos ensayos de pilas permiten anticipar cómo los muros reales podrían fallar, y la variabilidad de los resultados de estos análisis se utiliza para medir la calidad de la construcción de albañilería y la destreza de los trabajadores.

Se construyen prismas de albañilería para la investigación de acuerdo con los objetivos, si son para control de obra con la unidad, mortero o concreto líquido por emplearse o que se emplean ya en obra, se emplea el mismo grosor de la junta, la misma metodología de construcción y un equipo de trabajo que sea representativo. Es importante destacar que los prismas no son sometidos a un proceso de curado, sino que se protegen mediante una tela húmeda durante un período de veinticuatro horas, después de esta etapa, se almacenan en un lugar cubierto hasta que se realicen los ensayos, lo cual suele llevarse a cabo a los veintiocho días, sin embargo, es posible adelantar este proceso si se establece una correlación entre las resistencias a los siete y veintiocho días (Gallegos & Casabonne, 2005).

## Figura 2

### *Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería*



*Nota.* Prismas estándar para ensayos a compresión.

*Fuente.* Gallegos & Casabonne, (2005, p.202).

### 2.2.8.1. Ladrillo

Los ladrillos o bloques, también conocidos como unidades de albañilería, se distinguen por sus dimensiones y pesos, lo que les permite manipularlos durante el proceso de colocación con una sola mano (Gallegos & Casabonne, 2005).

Este componente esencial en la construcción se caracteriza por su composición y nombre, los cuales están directamente relacionados con la materia prima utilizada en su fabricación, pueden estar hechos de arcilla, concreto o ser el resultado de una mezcla de sílice y cal. Su forma se obtiene mediante un proceso de moldeo y compactación, lo que explica la diversidad de formas y tamaños disponibles en el mercado, estas unidades se pueden clasificar en tres categorías: unidades artesanales, semiindustriales e industriales, estas categorías se basan en el proceso de fabricación y en el cumplimiento de estándares de calidad específicos (Salinas & Llanque, 2017).

### 2.2.8.2. Clasificación de ladrillos

Si un ladrillo se clasifica como perteneciente a la “clase IV” según los ensayos de “variación dimensional” y “alabeo”, pero se clasifica como “clase V” según el ensayo de compresión, entonces el ladrillo será de la “clase IV” (Lulichac Sáenz, 2005 citado en Salinas & Llanque, 2017, p.44).

Conforme a lo establecido en la Norma E.070, para fines de diseño estructural, es necesario tener en cuenta las especificaciones de las unidades de albañilería que se enumeran en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Tipos de ladrillos*

Clase	Variación de la Dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión $f'_b$ en MPa ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	$\pm 8$	$\pm 6$	$\pm 4$	10	4.9 (50)
Ladrillo II	$\pm 7$	$\pm 6$	$\pm 4$	8	6.9 (70)
Ladrillo III	$\pm 5$	$\pm 4$	$\pm 3$	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	$\pm 4$	$\pm 3$	$\pm 2$	4	12.7 (130)
Ladrillo V	$\pm 3$	$\pm 2$	$\pm 1$	2	17.6 (180)
Bloque P	$\pm 4$	$\pm 3$	$\pm 2$	4	4.9 (50)
Bloque NP	$\pm 7$	$\pm 6$	$\pm 4$	8	2.0 (20)

*Nota.* Clases de unidades de albañilería para fines estructurales, en esta investigación se utilizó Ladrillo IV.

Fuente: Norma E.070.

### 2.2.9. Ensayo de compresión en prismas de albañilería

El ensayo se lleva a cabo utilizando una máquina universal de compresión (Figura 3), aplicando una velocidad de carga controlada hasta que el espécimen falle, la carga máxima alcanzada se divide por el área de la muestra para calcular el resultado del ensayo, se usa el área bruta porque se obtienen resultados que son representativos de la resistencia del muro y permite comparar directamente resistencias de unidades sólidas y perforadas y evita errores de interpretación (Gallegos & Casabonne, 2005).

La resistencia individual a la compresión axial de una pila ( $f'_m$ ) se determina dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la sección transversal y luego se ajusta por el factor de esbeltez, que representa la proporción entre la altura y el espesor de la pila. La Norma E.070 utiliza un valor estándar de esbeltez igual a cinco, es importante notar que en pilas de dimensiones más pequeñas, las resistencias a la compresión tienden a ser mayores que las obtenidas en pilas más esbeltas, la Norma E.070 ofrece factores de corrección por esbeltez cuyos valores difieren de los especificados en ASTM, donde la esbeltez estándar es dos, sin embargo, los valores detallados en la Tabla 4 están respaldados por resultados de pruebas experimentales (Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

**Tabla 4**

*Factores de corrección por esbeltez*

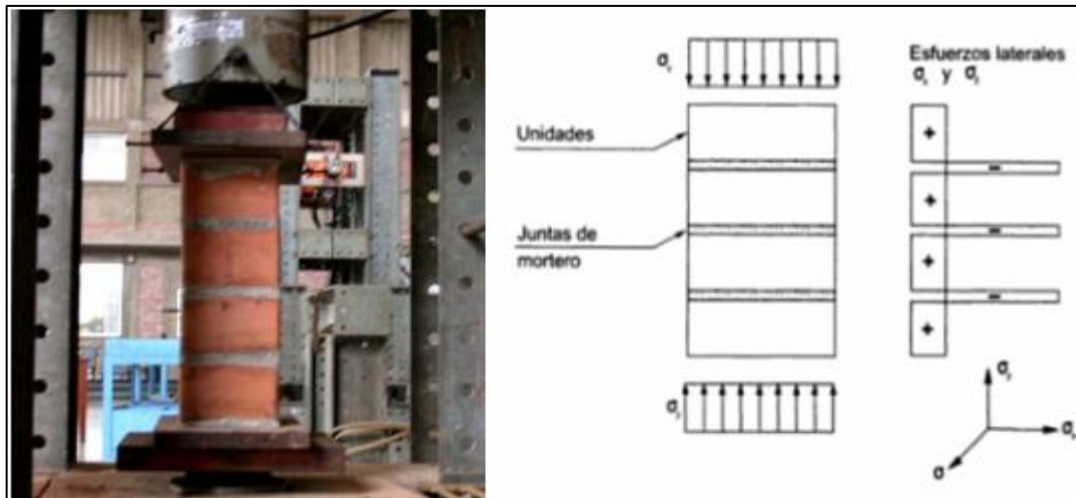
Factores de Corrección por esbeltez						
Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

*Nota.* Factores de corrección por esbeltez (altura dividida con el ancho del prisma).

*Fuente.* Norma E.070.

### Figura 3

#### Ensayo de compresión en prismas de albañilería



*Nota.* En la derecha prisma instalado en el dispositivo de ensayo, en la izquierda esfuerzos generados al momento del ensayo.

*Fuente.* Bonilla, (2011, p. 47)

#### 2.2.9.1. Formas de falla

La relación entre las superficies de apoyo de los ladrillos y el mortero afecta el comportamiento de las pilas cuando se someten a cargas axiales y cómo ocurren las fallas como se muestra en la Figura 4, estos elementos tienen diferentes niveles de rigidez, lo que significa que cuando se someten a la misma fuerza normal, el material con menor capacidad de deformación (generalmente los ladrillos) limita las deformaciones laterales del material más propenso a deformarse (el mortero), esto da lugar a la formación de grietas verticales (Bartolomé, Quiun, & Silva, 2018).

Ya que en el prisma se espera que tanto el ladrillo como el mortero experimenten la misma deformación lateral. La fricción entre estos dos materiales y la expansión horizontal del mortero serán limitadas por la existencia de ladrillos, en otras palabras, en el prisma bajo carga, el mortero se encuentra bajo una condición de compresión triaxial,



mientras que el ladrillo se somete a una combinación de fuerzas que incluyen tracción biaxial y compresión axial (Gallegos & Casabonne, 2005).

#### **Figura 4**

*Formas de falla de los prismas de albañilería*



*Nota.* Falla por tracción y trituración.

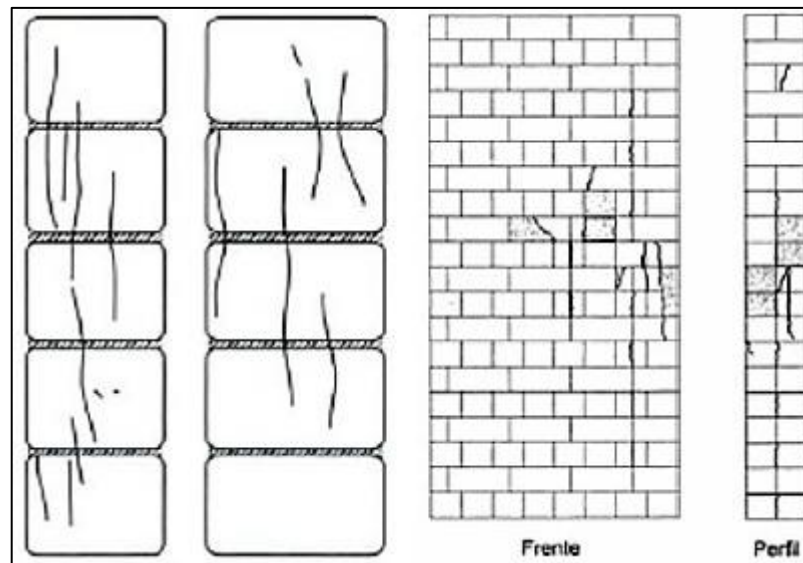
*Fuente.* Bonilla, (2011, p.50).

#### **2.2.10. Relación entre los prismas y los muros reales**

La disposición de los ladrillos en los muros de albañilería no es directa, lo que resulta en alturas y esbelteces mucho mayores que las de los prismas. Sin embargo, la forma en que se daña la estructura es similar a la del prisma (Figura 5) si no ocurren fallas previas debido a inestabilidad elástica o carga excéntrica. Esto indica que los muros tienen grietas de tracción transversal. Los experimentos con muros a escala real demostraron que, para esbelteces típicas y sin otros tipos de fallas, la resistencia de los muros es el 70 % de la de un prisma construido con materiales similares. (Gallegos & Casabonne, 2005).

## Figura 5

*Relación entre los prismas y los muros reales*



*Nota.* Formas de fallas de un prisma y las formas fallas en un muro real.

*Fuente.* Gallegos & Casabonne, (2005, p.205)

### 2.2.11. Influencias en la resistencia de los prismas de albañilería

#### 2.2.11.1. Ladrillo

Gallegos & Casabonne, (2005) tras varios experimentos concluyeron que la resistencia del prisma aumenta con la resistencia del ladrillo; depende de la forma de la envolvente de falla del ladrillo, es decir, el 40 % a la resistencia total del prisma es contribuido por el ladrillo. Es importante destacar que esta relación no es proporcional, además, se observa que la resistencia del prisma aumenta a medida que se incrementa la altura del ladrillo, sin embargo, ciertos ensayos han demostrado que al duplicar la altura del ladrillo con la misma materia prima, la resistencia del ladrillo disminuye aproximadamente un 35 %, pero al mismo tiempo, la resistencia del prisma aumenta en alrededor del 20 %.



### **2.2.11.2. Mortero**

Incluso con ladrillos idénticos, los morteros con una mayor capacidad de resistencia a la compresión producen prismas más fuertes (Gallegos & Casabonne, 2005).

La resistencia a la compresión del mortero utilizado afecta la resistencia final de una estructura de albañilería, un mortero más resistente puede aumentar la resistencia del muro, pero este aumento no es proporcional al aumento en la resistencia del mortero. Es importante destacar que los morteros extremadamente resistentes no son deseables, ya que pueden provocar fallas por corte en el muro de albañilería durante un evento sísmico debido a las diferencias en resistencia y comportamiento de los materiales (Palomino, 2019).

### **2.2.11.3. Espesor de junta de mortero**

La compresión aplicada al ladrillo aumenta con el grosor de la junta de mortero, lo que reduce la resistencia del prisma (Gallegos & Casabonne, 2005).

### **2.2.12. Diseño de mezclas**

El diseño de mezcla se refiere a la selección apropiada y conveniente de los elementos que componen la mezcla, como el cemento, el agregado y el agua. Este proceso se realiza con el objetivo de lograr una adecuada trabajabilidad y fluidez en el estado fresco de la mezcla, además de garantizar que cumpla con las especificaciones técnicas necesarias en su estado endurecido y proporcione las propiedades requeridas de acuerdo a su función (Palomino, 2019).

Con el propósito de examinar cómo la calidad del mortero afecta la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería, se llevaron a cabo dos proporciones de

mezcla en volumen de cemento y agregado, siendo estas 1:4 y 1:5, ya que se busca estudiar el comportamiento de morteros en la resistencia de los prismas de albañilería.

### 2.2.12.1. Criterios para el diseño de mezclas

En la presente investigación, se planteó utilizar dos dosificaciones de cemento:arena en proporciones volumétricas de 1:4 y 1:5 preparado con arena de *Cutimbo* y *Viluyo* para la construcción de los prismas de albañilería, de manera que sea posible realizar una comparación de las propiedades de los diferentes morteros entre sí.

Palomino (2019), en su investigación para obtener resultados más precisos y evitar la medición de volúmenes, determinó los pesos de cada elemento involucrado en las mezclas y empleó los pesos unitarios sueltos de los materiales. En esta investigación se utilizó el mismo criterio, los pesos unitarios se detallan en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Peso unitario suelto de los materiales*

Componente	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento portland Tipo I	1 230
Arena Gruesa “ <i>Viluyo</i> ”	1 571.9
Arena Gruesa “ <i>Río Cutimbo</i> ”	1 518.52

*Nota.* Peso unitario de los materiales que serán usados en la preparación del mortero.

Para poder convertir las proporciones de volumen a peso se usaron las siguientes expresiones:

$$P.U. = \frac{Peso}{Volumen} \quad (1)$$

Entonces:

$$Vol_a = \frac{Peso_a}{P.U._a} \quad (2)$$

Diseño de mezcla de mortero Cemento:Arena ( $P_c:P_a$ )



*cemento: arena*

1: *a*

El volumen de agregado ( $V_a$ ) para un volumen de cemento ( $V_c$ ) será:

$$V_a = a * V_c \quad (3)$$

Luego de ( 3 )

$$\frac{Peso_a}{P.U._a} = a * \frac{P_c}{P.U._c} \quad (4)$$

El peso de la arena será:

$$Peso_a = a * \frac{P_c}{P.U._c} * P.U._a \quad (5)$$

Donde:

$Peso_a$ : Peso de la arena.

$a$ : Arena.

$P_c$ : Peso del cemento.

$P.U._c$ : Peso unitario del cemento.

$P.U._a$ : Peso unitario de la arena.

**Tabla 6**

*Proporción en peso para los morteros estudiados*

<b>Agregado Fino - Cantera</b>	<b>Proporción en Volumen Cemento:Arena 1:<i>a</i></b>	<b>Proporción en Peso Cemento:Arena</b>
<i>Viluyo</i>	1:4	1:5.112
<i>Río Cutimbo</i>	1:5	1:4.938
<i>Viluyo</i>	1:5	1:6.390
<i>Río Cutimbo</i>	1:5	1:6.173

*Nota.* Proporciones tentativas en volumen y en peso del agregado para la preparación de mortero.



En la Tabla 6 se presentaron los resultados obtenidos para la relación en peso de cada tipo de mortero analizado:

Siguiendo el criterio de Palomino (2019) en su investigación, las relaciones en peso varían en todos los tipos de mezclas (Tabla 7), esto podría influir en la calidad del mortero cuando se prepare, entonces, para ver sólo la influencia de la calidad del mortero se trabajará bajo condiciones similares con una sola proporción en peso de agregado para cada dosificación.

**Tabla 7**

*Proporción en peso a utilizar en los morteros estudiados*

<b>Agregado Fino - Cantera</b>	<b>Proporción en Volumen Cemento:Arena 1:a</b>	<b>Proporción en Peso Cemento:Arena</b>
<i>Viluyo</i>	1:4	1:5.025
<i>Río Cutimbo</i>		1:5.025
<i>Viluyo</i>	1:5	1:6.282
<i>Río Cutimbo</i>		1:6.282

*Nota.* Proporciones finales del agregado para la preparación de mortero.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

Los principales materiales utilizados en la presente investigación son las siguientes: agua, agregado fino natural, cemento portland tipo I y ladrillos mecanizados. La extracción de agregado fino natural fue (Figura 6) de las canteras “*Viluyo* ubicada a 37 minutos aproximadamente desde el centro de la ciudad de Puno a 30.8 km, en las coordenadas UTM (394,456.51 m E, 8,222,351.33 m S) a una elevación de 3903 m s.n.m y *Río Cutimbo* ubicada a 32 minutos aproximadamente, desde el centro de la ciudad de Puno a 25.2 km, en las coordenadas UTM (392,440.00 m E, 8,226,815.00 m S) a una elevación de 3916 m s.n.m”.

#### Figura 6

*Ubicación de las Canteras “Viluyo y Río Cutimbo”*



*Fuente.* Google Earth.



Los ladrillos mecanizados son King Kong H-10 de dimensiones 10 x 14 x 24 cm adquiridos de la empresa Diamante situada en la ciudad de Arequipa, estos fueron estudiados en el laboratorio TRIPLE GEO E.I.R.L ubicado en la Urb. Villa del Lago Mz – “G” Lote 14 en el distrito, provincia y departamento de Puno, los ensayos realizados en el mortero fueron: resistencia a la compresión en morteros y los ensayos realizados en los prismas de albañilería fueron: resistencia en compresión en prismas de albañilería. Los ensayos realizados en agregado fino fueron siguientes: análisis granulométrico, contenido del material más fino que pasa el Tamiz Nro. 200, peso específico y porcentaje de absorción, contenido de humedad y peso unitario.

## **3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Tipo de investigación**

Esta investigación es cuantitativa, de tipo básica, ya que buscó ampliar conocimientos científicos dentro de un determinado campo (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Se analizó y recolectó datos para utilizar la Distribución T de Student y así probar la hipótesis.

### **3.2.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación fue descriptivo-correlacional. Se evalúa la relación entre dos variables y se explica cómo se comporta una variable en función de otra (Vara, 2010). Esta investigación tiene como propósito relacionar los resultados de la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería con la calidad del mortero.

### **3.2.3. Diseño de investigación**

El diseño de este estudio fue cuasi-experimental, porque la variable independiente se manipuló deliberadamente para observar su efecto sobre la variable dependiente (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). La variable independiente fue





deliberadamente controlada – calidad del mortero para evaluar el nivel de influencia en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO**

#### **3.3.1. Población**

En esta investigación la población está conformada por prismas de albañilería (unidades de albañilería asentadas con mortero) que fueron construidas con ladrillos mecanizados King Kong H-10 adquiridos de la empresa ladrillera Diamante y mortero preparado con arena de las canteras de “*Cutimbo* y *Viluyo*” en la ciudad de Puno.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra obtenida en esta investigación fue no probabilística a juicio o conveniencia. Se consideró este criterio, ya que el fin de este estudio es el de evaluar el nivel de influencia de la calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

Por consiguiente, el número de muestras para cada ensayo en prismas de albañilería fue de la siguiente forma:

- Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería con mortero con una dosificación 1:4, preparado con agua, cemento portland tipo I y arena de la cantera *Viluyo* – 17 prismas de albañilería – 51 ladrillos.
- Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería con mortero con una dosificación 1:5, preparado con agua, cemento portland tipo I y arena de la cantera *Viluyo* – 17 prismas de albañilería – 51 ladrillos.



- Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería con mortero con una dosificación 1:4, preparado con agua, cemento portland tipo I y arena de la cantera *Río Cutimbo* – 17 prismas de albañilería – 51 ladrillos.
- Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería con mortero con una dosificación 1:5, preparado con agua, cemento portland tipo I y arena de la cantera *Río Cutimbo* – 17 prismas de albañilería – 51 ladrillos.

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Para el desarrollo de esta investigación, se identificaron las variables de estudio según objetivo general (Tabla 8) y objetivos específicos (Tabla 9, 10 y 11), ya que según estos datos se podrá responder a los objetivos, se analizó y recolectó datos para utilizar la distribución T de Student y así probar la hipótesis de estudio. Finalmente, se generó las conclusiones correspondientes.

La variable independiente “Calidad de mortero” estará sujeta a las características propias de este material, por tanto, los indicadores que se consideraron en esta investigación para la variable independiente fueron: análisis granulométrico, peso unitario del agregado fino, material más fino que pasa el tamiz Nro. 200, absorción del agregado fino, contenido de humedad, peso específico del agregado fino y resistencia a la compresión de mortero.

La variable dependiente determinada mediante el método empírico es “Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería”. El indicador que se consideró en esta investigación para la variable dependiente fue la resistencia a la compresión axial que se evaluó en función a la recopilación de información de los experimentos de laboratorio.

**Tabla 8**

*Cuadro de operacionalización de variables según objetivo general*

<b>Objetivo</b>	<b>Variable independiente (VI)</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>
Evaluar el nivel de influencia de la calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, respecto a la Norma vigente RNE E.070, en la ciudad de Puno, 2023.	Calidad del mortero.	Características del mortero.	Análisis granulométrico.	%
			Peso unitario del agregado fino.	$\frac{gr}{cm^3}$
			Contenido de humedad.	%
			Peso específico del agregado fino	$\frac{gr}{cm^3}$
			Absorción del agregado fino	%
			Material más fino que pasa el tamiz Nro. 200.	%
			Resistencia a la compresión de mortero.	$\frac{kg}{cm^2}$
	<b>Variable dependiente (VD)</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>
	Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	Método empírico.	Resistencia a la compresión axial (f'm).	$\frac{kg}{cm^2}$

*Nota.* Operacionalización de variables establecidas según el objetivo general.

*Fuente.* Elaboración propia.

**Tabla 9**

*Cuadro de operacionalización de variables según objetivo específico 1*

<b>Objetivo</b>	<b>Variable independiente (VI)</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>
Determinar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas del agregado utilizado para mortero según la Norma E.070.	Propiedades físicas y mecánicas del agregado.	Objetivas.	Análisis granulométrico.	%
	<b>Variable dependiente (VD)</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>
	Mortero según la Norma E.070.	Objetiva.	Granulometría recomendada por la Norma E.070.	%

*Nota.* Operacionalización de variables establecidas según el objetivo específico 1.

*Fuente.* Elaboración propia.

**Tabla 10**

*Cuadro de operacionalización de variables según objetivo específico 2*

<b>Objetivo</b>	<b>Variable Independiente (VI)</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>
Evaluar la influencia de la resistencia del mortero en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	Resistencia del mortero.	Resistencia del mortero.	Resistencia a la compresión de mortero.	$\frac{kg}{cm^2}$
	<b>Variable dependiente (VD)</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>
	Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	Método empírico.	Resistencia a la compresión axial (f'm).	$\frac{kg}{cm^2}$

*Nota.* Operacionalización de variables establecidas según el objetivo específico 2.

*Fuente.* Elaboración propia.

**Tabla 11**

*Cuadro de operacionalización de variables según objetivo específico 3*

Objetivo	Variable Independiente (VI)	Dimensión	Indicador	Unidad de medida
Evaluar la influencia de las propiedades físicas y mecánicas del agregado en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	Propiedades físicas y mecánicas del agregado,	Objetivas.	Peso unitario del agregado fino.	$\frac{gr}{cm^3}$
			Contenido de humedad.	%
			Peso específico del agregado fino	$\frac{gr}{cm^3}$
			Absorción del agregado fino	%
			Material más fino que pasa el tamiz Nro. 200.	%
	Variable Dependiente (VD)	Dimensión	Indicador	Unidad de medida
	Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	Método empírico.	Resistencia a la compresión axial (f'm).	$\frac{kg}{cm^2}$

*Nota.* Operacionalización de variables establecidas según el objetivo específico 3.

*Fuente.* Elaboración propia

### 3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

#### 3.5.1. Prueba de hipótesis

Dado que la media de las dos poblaciones es inferior a 30, se aplicó la prueba de hipótesis utilizando la distribución “T de Student” para comparar las medias de dos poblaciones con muestras independientes de tamaño reducido.

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** Afirmación contraria a la hipótesis.

$$H_0: u_1 = u_1 \rightarrow u_1 - u_1 = 0 \quad (6)$$

**Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):** Hipótesis planteada.



$$H_1: u_1 \neq u_1 \rightarrow u_1 - u_1 \neq 0 \quad (7)$$

Se consideró un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  y la prueba de hipótesis de dos colas.

Ecuación para calcular varianza común.

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (8)$$

Ecuación para calcular estadístico t.

$$t_p = \frac{u_2 - u_1}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (9)$$

Con el grado de libertad.

$$gl = n_1 + n_2 - 2 \quad (10)$$

Para halar el tc en la tabla de distribución “T de Student” para la prueba de dos colas se considerará el nivel de significancia y el grado de libertad, la prueba t se utilizó específicamente para contrastar la hipótesis planteada.

### 3.6. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS

Los instrumentos metodológicos se refieren a documentos técnicos o formularios de campo (Anexo B) que facilitan la recopilación de datos de manera precisa y estructurada, estos formatos deben estar alineados con los requisitos establecidos en las normativas nacionales, como la Norma Técnica Peruana (NTP) y la Norma E.070 de albañilería (Salinas & Llanque, 2017).

### 3.7. MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO

Los materiales y equipos empleados en esta investigación se detallan en la descripción de proceso de recolección de datos (Ver ítem 3.9).

### 3.8. RECOLECCIÓN DE DATOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Según las variables de estudio, dado que la presente investigación es de nivel descriptivo-correlacional, se desarrolló la Tabla 12:

**Tabla 12**

Recolección de datos por objetivos específicos

<b>Objetivo específico</b>	<b>Materiales y equipos</b>	<b>Variables</b>
1. Determinar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas del agregado utilizado para mortero según la Norma E.070.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensayos de laboratorio.</li><li>• Características del agregado para la preparación de mortero de las canteras “<i>Viluyo y Río Cutimbo</i>” según la Norma E.070</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Granulometría. (%)</li></ul>
2. Evaluar la influencia de la resistencia del mortero en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensayos de laboratorio.</li><li>• Características del mortero preparado con arena de las canteras “<i>Viluyo y Río Cutimbo</i>”.</li><li>• Formatos de campo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resistencia a la compresión de mortero. (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</li><li>• Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería (<math>f'm</math>). (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</li></ul>
3. Evaluar la influencia de las propiedades físicas y mecánicas del agregado en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ensayos de laboratorio.</li><li>• Prismas de Albañilería.</li><li>• Características del agregado para la preparación de mortero de las canteras “<i>Viluyo y Río Cutimbo</i>”.</li><li>• Formatos de campo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Peso unitario del agregado fino. (<math>\text{gr/cm}^3</math>)</li><li>• Peso específico (<math>\text{gr/cm}^3</math>) y absorción (%) del agregado fino</li><li>• Contenido de humedad. (%)</li><li>• Material más fino que pasa el tamiz Nro. 200. (%)</li><li>• Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería (<math>f'm</math>). (<math>\text{Kg/cm}^2</math>)</li></ul>

*Nota.* Recolección de datos por objetivos específicos establecidos en la investigación.

*Fuente.* Elaboración propia.



### **3.9. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

#### **3.9.1. Metodología de objetivo específico Nro. 1**

Para determinar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas del agregado utilizado para mortero según la Norma E.070, en este caso la variable de estudio es la granulometría.

##### **3.9.1.1. Análisis granulométrico.**

Para la determinación de la granulometría del agregado fino, se siguió el procedimiento indicado en la NTP 400.012 (Figura 7), se hizo la extracción del agregado de las canteras “*Viluyo y Río Cutimbo*” siguiendo lo indicado en la NTP 400.010.

##### **Equipos y materiales**

- 01 Serie de tamices estándares (Nro. 4, 8, 16, 30, 50,100 Y 200).
- 01 Balanza.
- Horno

##### **Procedimiento**

- 1) Primero se cuarteó la muestra y se obtuvo una muestra representativa, según la NTP 400.012 la muestra fue de 500 gr.
- 2) Luego, según la NTP 400.018 el agregado se lavó para determinar la cantidad de partículas más finas que pasan la malla Nro. 200, posteriormente se llevó la muestra al horno para secarlo.
- 3) Se vertió el material en la serie de tamices y se tamizó.



- 4) Los pesos retenidos de los materiales en cada malla y el peso total de la muestra se registraron, y la diferencia entre el peso inicial y el peso final de la muestra no superó el 0.3 %.

### Expresión de resultados

Para calcular el porcentaje retenido en cada tamiz se utilizó la fórmula 11:

$$(\%)Retenido = \frac{\text{Peso Retenido}}{\text{Peso Total}} * 100 \quad (11)$$

El Módulo de Fineza (MF) se calcula mediante la ecuación 12:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenidos en los tamices (Nro. 4, 8, 16, 30, 50, 100)}}{100} \quad (12)$$

### Figura 7

#### Ensayo de granulometría



Nota. a) Peso de muestra para granulometría. b) Tamizado de muestra. c) Secado de muestra. d) Granulometría.

Fuente. Elaboración propia.



### **3.9.2. Metodología de objetivo específico Nro. 2**

Para evaluar la influencia de la resistencia del mortero en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, en este caso la variable de estudio es la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería y resistencia a la compresión de mortero( $f'm$ ).

#### **3.9.2.1. Resistencia a la compresión en morteros**

Para la determinación de la resistencia a la compresión del mortero, se siguió el procedimiento indicado en la NTP 334.051 (Figura 8), Se extrajo una parte del mortero utilizado para construir prismas de albañilería, y para cada mezcla preparada se tomó una muestra compuesta por tres especímenes (cubos de 5 cm de lado).

#### **Equipos y materiales**

- 01 máquina de ensayo de compresión
- 01 Vernier y/o regla metálica
- Moldes de cubos de 50 mm

#### **Procedimiento**

- 1) Se preparó los moldes cúbicos metálicos, se aplicó petróleo para evitar que se adhiera el mortero en los moldes.
- 2) El mortero se vertió en un molde en forma de cubo para asegurarse de que se llenara en dos estratos que se compactaron posteriormente.
- 3) Se dejó fraguar hasta obtener una base dura y luego se etiquetó cada tipo de mortero.

- 4) Después de un día, se sacó del molde y se sumergió en agua para completar el proceso de curado adecuado.
- 5) Después de 28 días, las muestras se extrajeron y se secaron. Luego, se midieron sus dimensiones y pesos, luego se sometieron a ensayos de compresión en una máquina de compresión a velocidad constante.

## Figura 8

### *Resistencia a la compresión de morteros*



*Nota.* a) Preparación de cubos de mortero en moldes. b) Preparación de mortero. c) Fraguado de cubos de mortero. d) Rotura de cubos de mortero.

*Fuente.* Elaboración propia.

## Expresión de resultados

Para calcular la resistencia a la compresión del mortero se usó la fórmula 13:



$$f'm = \frac{P}{A} \quad (13)$$

Donde:

F'm: Resistencia a la compresión. (kg/cm<sup>2</sup>)

P: Carga de rotura. (kg)

A: Área bruta. (cm<sup>2</sup>)

### 3.9.3. Metodología de objetivo específico Nro. 3

Para evaluar la influencia de las propiedades físicas y mecánicas del agregado en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, en este caso, las variables de estudio son las siguientes: material más fino que pasa el tamiz Nro. 200, contenido de humedad, peso unitario del agregado fino, peso específico y absorción y la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería (f'm).

#### 3.9.3.1. Peso unitario

El peso unitario del agregado fino se calculó utilizando el método indicado en la NTP 400.017 (Figura 9), y la cantidad de material que se obtuvo después de dividir la muestra representativa utilizando el método de cuarteo fue del 120 % al 200 % de la cantidad necesaria para llenar el recipiente.

#### Equipos y Materiales

- 01 balanza.
- 01 martillo de goma
- 01 molde metálico.
- 01 varilla metálica.
- Herramientas manuales. (pala, brocha, bandeja, etc.).



### Procedimiento

- 1) Se determinó la masa y el volumen del molde metálico.
- 2) Se introdujo el agregado en el molde metálico y se registró su peso para calcular el peso unitario suelto. Se repitió este proceso tres veces y se determinó el promedio.
- 3) Se agregó agregado al molde metálico hasta que alcanzara 1/3 de su altura y se compactó con 25 golpes de una varilla. Para cada tercio, se repitió este proceso y, en la capa final, se utilizó una barra compactadora como una regla para extraer el material sobrante.
- 4) Se registró el peso para calcular el peso unitario compactado. Esta acción se hizo tres veces y se encontró el promedio.

### Expresión de resultados

Para calcular el peso unitario suelto se usó la fórmula 14:

$$\text{Peso Unitario Suelto} = \frac{G - T}{V} \quad (14)$$

Para calcular el peso unitario compactado se usó la fórmula 15:

$$\text{Peso Unitario Compactado} = \frac{G - T}{V} \quad (15)$$

Donde:

G: Peso del recipiente + peso del agregado. (kg)

T: Peso del Recipiente. (kg)

V: Volumen del recipiente. (m<sup>3</sup>)

## Figura 9

### Ensayo de peso específico



*Nota.* a) Llenado del molde metálico. b) Molde con agregado suelto. c) Determinación del volumen del molde metálico. d) Molde con agregado compactado.

*Fuente.* Elaboración propia.

#### 3.9.3.2. Peso específico y absorción del agregado fino

Se utilizó el procedimiento indicado en la NTP 400.022 (Figura 10) para calcular la absorción del agregado fino y el peso específico, y se utilizó el cuarteo para obtener una muestra representativa.

#### Equipos y Materiales

- 01 balanza.
- 01 picnómetro.
- 01 molde cónico (cono de absorción).
- 01 varilla para apisonado metálica.
- Bandejas.



- Equipo que proporcione calor a una intensidad moderada.

### **Procedimiento**

- 1) La muestra se sumergió en el agua por un periodo de 24 horas para lograr su saturación. Una vez saturada, el agua se decantó con cuidado y se comenzó el proceso de secado, poniendo el material fino en un recipiente metálico y suministrándole calor a través de una cocinilla eléctrica graduable, tratando todo el tiempo de que este proceso sea homogéneo y constante.
- 2) A continuación, se tomó el material y se rellenó el tronco de cono cuidadosamente y se apisonó sin mayor fuerza (gravedad) con 25 golpes en cada capa sobre la superficie, se retiró el cono y se verificó el primer desmoronamiento, lo cual indica el estado saturado superficialmente seco (S.S.S.) del agregado, que es el objetivo de esta sección del ensayo.
- 3) Luego se tomó el material resultante del proceso anterior y se introdujo una cantidad adecuada en el picnómetro previamente tarado y se determinó su peso; en seguida, se llenó de agua hasta un 90 % aproximadamente de su capacidad y se retira el aire atrapado girando el picnómetro sometiéndolo a baño maría.
- 4) Finalmente, el picnómetro lleno se pesó, se decantó nuevamente el agua y el agregado se retira a una tara para ser secado al horno por 24 horas y se determinó también el peso seco de este material.



**Figura 10**

*Peso específico y absorción*



*Nota.* a) Apisonado de muestra. b) Formación del molde. c) Determinación del peso del picnómetro con agua. d) Extracción de aire de la muestra.

*Fuente.* Elaboración propia.

### **Expresión de Resultados**

Para calcular el peso específico de la masa (PEM) se usó fórmula 16:

$$PEM = \frac{W_s}{W_{sss} + W_{fw} - W_{fws}} \quad (16)$$

Para calcular el peso específico de la masa se usó la fórmula 17:

$$PESSS = \frac{W_{sss}}{W_{sss} + W_{fw} - W_{fws}} \quad (17)$$

Para calcular el porcentaje de absorción se usó la fórmula 18:





$$\text{Absorción} = \frac{W_{sss} - W_s}{W_s} * 100 \quad (18)$$

Donde:

$W_{sss}$ : Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

$W_{fw}$ : Peso del frasco más agua.

$W_{fws}$ : Peso del frasco más agua más muestra superficialmente seca

$W_s$ : Peso de la muestra seca en horno.

### 3.9.3.3. Contenido de humedad

Se utilizó el procedimiento indicado en la NTP 339.185 para calcular el contenido de humedad del agregado fino y se tomó una muestra representativa a través del cuarteo.

#### Equipos y materiales

- 01 balanza.
- 01 horno.
- Herramientas manuales. (recipientes, bandejas, etc.).

#### Procedimiento

- 1) Se calculó la masa de la muestra.
- 2) La muestra se llevó al horno por un día a una temperatura controlada. Se tuvo cuidado de no aumentar la temperatura o descuidar porque esto podría causar pérdida de partículas.
- 3) Después de sacar la muestra del horno y registrar su peso seco, se esperó que se enfriara un poco para evitar dañar la balanza.
- 4) Se determinó el contenido de humedad.



### **Expresión de resultados**

Para calcular el contenido de humedad se usó la fórmula 19:

$$\text{Contenido de humedad } (P) = \frac{W - D}{D} * 100 \quad (19)$$

Donde:

P: Contenido de humedad.

W: Masa de la muestra húmeda. (gr)

D: Masa de la muestra seca. (gr)

#### **3.9.3.4. Contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200**

Para la determinación del contenido de material más fino que pasa el tamiz Nro. 200, se siguió el procedimiento indicado en la NTP 400.018 (Figura 11), se obtuvo la muestra representativa a través del cuarteo.

### **Equipos y materiales**

- 01 balanza.
- 02 tamices (Nro. 16 Y Nro. 200)
- 01 horno.

### **Procedimiento**

- 1) Se llevó al horno la muestra y se registró su peso seco.
- 2) La muestra se lavó, se colocó en un recipiente, se le agregó agua, se removió y luego se vertió sobre un tamiz de tamaño Nro. 200.
- 3) Este procedimiento se repitió hasta que el agua en el recipiente se tornó de color claro.

- 4) La muestra se llevó al horno por un día a una temperatura controlada.
- 5) Se registró el peso seco.

### Figura 11

*Material más Fino que pasa el Tamiz Nro. 200*



*Nota.* a) Lavado de muestra. b) Secado de muestra.

*Fuente.* Elaboración propia.

### Expresión de resultados

Para calcular el porcentaje (%) del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 se usó la fórmula 20:

$$200 (A) = \frac{P1 - P2}{P1} * 100 \quad (20)$$

Donde:

A: % del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200.

P1: Peso seco de la muestra original. (gr)

P2: Peso de la muestra seca ensayada. (gr)



### 3.9.3.5. Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería

Se utilizó el procedimiento indicado en la NTP 399.605 (Figura 12) para medir la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería. Cada pila estuvo conformada por tres ladrillos mecanizados y un tipo particular de mortero (cemento:arena 1:4 y 1:5).

#### Equipos y Materiales

- Máquina de ensayo de compresión
- Vernier y/o regla metálica
- Ladrillo
- Agregado fino de las canteras “*Viluyo y Río Cutimbo*”
- Cemento
- Agua
- Badilejo
- Recipientes

#### Procedimiento

- 1) Antes de empezar con la realización de los prismas de albañilería los ladrillos mecanizados se saturaron con agua, con el propósito de lograr una muestra en la que la superficie esté seca pero que, al momento de asentar el ladrillo, este absorba el cemento del mortero mientras mantiene saturado su núcleo (permitiendo que el agua presente en el núcleo actúe como agente de curado para el mortero).
- 2) Se prepararon morteros con diferentes dosificaciones. Un mortero se mezcló con agua potable y 1:4 de cemento Rumi y agregado de las canteras “*Viluyo y Río Cutimbo*” y agua potable, la dosificación de la mezcla del otro mortero fue 1:5



- con cemento Rumi, agregado de las canteras “*Viluyo y Río Cutimbo*”. Se mezclaron los materiales hasta que se formara una mezcla homogénea.
- 3) Para el asentado, las unidades se colocaron con una junta de 1,5 cm y así sucesivamente hasta que se completaron las tres unidades.
  - 4) Cada prisma se construyó con ladrillos en una base plana y nivelada. Después, se examinó su horizontalidad y verticalidad, así como el espesor de las juntas.
  - 5) Las pilas se dejaron dormir durante 28 días en un lugar protegido del sol. Después de ese tiempo, se ensayaron. Antes de realizar el ensayo, cada pila se refrentó.
  - 6) Después de 28 días, los prismas se enviaron al laboratorio y se colocaron en la máquina de compresión. Se aseguró de que la pila estuviera perfectamente centrada y nivelada, se colocaron plataformas metálicas para distribuir uniformemente la carga, y se registró la carga.

### **Expresión de resultados**

Para calcular la resistencia a la compresión de prismas de albañilería se usó la fórmula 21:

$$f'm = \frac{P}{A} \quad (21)$$

Donde:

f'm: Resistencia a la compresión. (kg/cm<sup>2</sup>)

P: Carga máxima registrada. (kg)

A: Área de la sección transversal. (cm<sup>2</sup>)

## Figura 12

### *Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería*



*Nota.* a) Preparación de mortero. b) Construcción de los prismas de albañilería. c) Curado de prismas. d) Rotura de prismas.

*Fuente.* Elaboración propia.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

##### 4.1.1. Análisis granulométrico por tamizado

Con los valores hallados (Tabla 13 y 14) se comprobó si el agregado tiene una buena distribución de partículas (gradación) y se graficó la curva granulométrica (Figura 13 y 14).

##### 4.1.1.1. Granulometría – Cutimbo

**Tabla 13**

*Granulometría - Cutimbo*

Tamaño Tamiz	Abertura mm	Peso Retenido	Porcentaje retenido		Porcentaje que pasa	Descripción de la muestra	
			Parcial	Acumulado			
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	% Grava:	0.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	% Arena:	94.17
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% Finos:	5.83
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Características Granulométricas</b>	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	D60=	1.732
1/2"	12.170	0.00	0.00	0.00	100.00	D30=	0.561
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00	D10=	0.232
Nro. 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	Cu=	7.47
Nro. 8	2.360	134.64	26.93	26.93	73.07	Cc=	0.78
Nro. 16	1.180	113.14	22.63	49.56	50.44	M.F.=	3.22
Nro. 30	0.600	87.06	17.41	66.97	33.03	Peso Final =	499.49
Nro. 50	0.300	86.86	17.37	84.34	15.66	% de dif. =	0.10
Nro. 100	0.150	49.15	9.83	94.17	5.83		
Nro. 200	0.075	19.74	3.95	98.12	1.88		
Base		8.90	1.78	99.90	0.00		
Clasificación SUCS					SP		

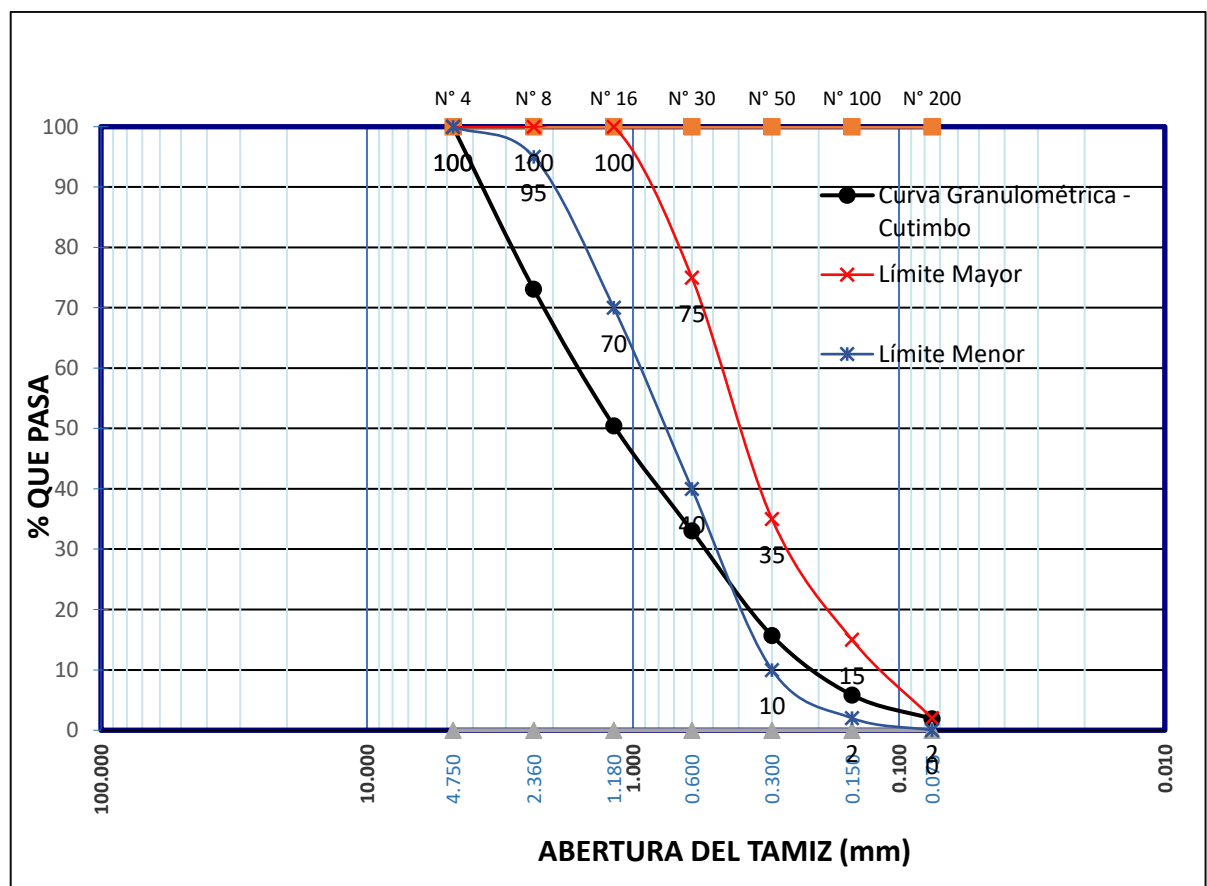
*Nota.* Granulometría del agregado fino de la cantera *Cutimbo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

El agregado fino de la cantera *Cutimbo* utilizada para preparación de mortero tiene un 5.83 % de finos, tiene un tamaño máximo de 2.360 mm (malla Nro. 8). El 60 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 1.732 mm (D60), el 30 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 0.561 mm (D30), y el 10 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 0.232 mm (D10), por lo tanto, tiene un coeficiente de uniformidad  $C_u$  de 7.47 y un coeficiente de curvatura  $C_c$  de 0.78 lo cual según la clasificación SUCS es Arena mal Graduada SP.

**Figura 13**

*Curva granulométrica – Cutimbo*



*Nota.* Curva granulométrica del agregado fino de la cantera *Cutimbo*.

*Fuente.* Elaboración propia.



#### 4.1.1.2. Granulometría – Viluyo

**Tabla 14**

*Granulometría - Viluyo*

Tamaño Tamiz	Abertura mm	Peso Retenido	Porcentaje retenido		Porcentaje que pasa	Descripción de la muestra	
			Parcial	Acumulado			
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	% Grava:	0.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	% Arena:	90.88
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% Finos:	9.12
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Características</b>	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Granulométricas</b>	
1/2"	12.170	0.00	0.00	0.00	100.00	D60=	1.519
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00	D30=	0.575
Nro. 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	D10=	0.181
Nro. 8	2.360	105.74	21.15	21.15	78.85	Cu=	8.39
Nro. 16	1.180	125.57	25.11	46.26	53.74	Cc=	1.20
Nro. 30	0.600	110.68	22.14	68.40	31.60	M.F.=	3.10
Nro. 50	0.300	74.27	14.85	83.25	16.75	Peso Final =	499.61
Nro. 100	0.150	38.12	7.62	90.88	9.12	% de dif. =	0.08
Nro. 200	0.075	39.83	7.97	98.84	1.16		
Base		5.40	1.08	99.92	0.00		
Clasificación SUCS					SW		

*Nota.* Granulometría del agregado fino de la cantera *Viluyo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

El agregado fino de la cantera *Viluyo* utilizada para preparación de mortero tiene un 9.12 % de finos, tiene un tamaño máximo de 2.360 mm (malla Nro. 8). El 60 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 1.519 mm (D60), el 30 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 0.575 mm (D30), y el 10 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 0.181 mm (D10), por tanto, tiene un coeficiente de



días, estos fueron preparados con arena de las canteras “Río Cutimbo y Viluyo” con dosificaciones cemento:arena de 1:4 y 1:5.

#### 4.1.2.1. Resistencia a la compresión en cubos de mortero – Cutimbo

La resistencia a la compresión de los cubos de mortero preparados con arena de Cutimbo (cemento:arena) 1:5 y 1:4 es de 71.01 kg/cm<sup>2</sup> y 114.80 kg/cm<sup>2</sup> (Tabla 15 y 16).

**Tabla 15**

*Resistencia a la compresión del mortero Cutimbo 1:5*

Nro. De Muestra	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad Días	Área cm <sup>2</sup>	Carga kg	Esf. De Rotura (f'm) kg/cm <sup>2</sup>
1. Cutimbo 1:5	21/04/2023	19/05/2023	28	25.05	1730	69.06
2. Cutimbo 1:5	21/04/2023	19/05/2023	28	25.1	1810	72.11
3. Cutimbo 1:5	21/04/2023	19/05/2023	28	25.05	1800	71.86
<b>f'm promedio</b>						<b>71.01</b>

*Nota.* Resistencia de resistencia a la compresión de cubos de mortero preparados con agregado fino de la cantera Cutimbo, con una dosificación cemento – arena 1:5.

*Fuente.* Elaboración propia.

**Tabla 16**

*Resistencia a la compresión del mortero Cutimbo 1:4*

Nro. De Muestra	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad Días	Área cm <sup>2</sup>	Carga kg	Esf. De Rotura (f'm) kg/cm <sup>2</sup>
1. Cutimbo 1:4	21/04/2023	19/05/2023	28	25.15	2 850	113.32
2. Cutimbo 1:4	21/04/2023	19/05/2023	28	25.2	2 910	115.47
3. Cutimbo 1:4	21/04/2023	19/05/2023	28	25	2 890	115.6
<b>f'm promedio</b>						<b>114.80</b>

*Nota.* Resistencia de resistencia a la compresión de cubos de mortero preparados con agregado fino de la cantera Cutimbo, con una dosificación cemento – arena 1:4.

*Fuente.* Elaboración propia.

#### 4.1.2.2. Resistencia a la compresión en cubos de mortero – Viluyo

La resistencia a la compresión de los cubos de mortero preparados con arena de la cantera *Viluyo* con una dosificación 1:5 es de 66.00 kg/cm<sup>2</sup> (Tabla 17).

**Tabla 17**

*Resistencia a la compresión del mortero Viluyo 1:5*

Nro. De Muestra	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad Días	Área cm <sup>2</sup>	Carga kg	Esf. De Rotura kg/cm <sup>2</sup>
1. <i>Viluyo</i> 1:5	21/04/2023	19/05/2023	28	25.05	1 680	67.07
2. <i>Viluyo</i> 1:5	21/04/2023	19/05/2023	28	25.05	1 540	61.48
3. <i>Viluyo</i> 1:5	21/04/2023	19/05/2023	28	25.2	1 750	69.44
<b>f'm promedio</b>						<b>66.00</b>

*Nota.* Resistencia de resistencia a la compresión de cubos de mortero preparados con agregado fino de la cantera *Viluyo*, con una dosificación cemento – arena 1:5.

*Fuente.* Elaboración propia.

La resistencia a la compresión de los cubos de mortero preparados con arena de *Viluyo* con una dosificación 1:4 es de 102.51 kg/cm<sup>2</sup> (Tabla 18).

**Tabla 18**

*Resistencia a la compresión del mortero Viluyo 1:4*

Nro. De Muestra	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad Días	Área cm <sup>2</sup>	Carga kg	Esf. De Rotura kg/cm <sup>2</sup>
1. <i>Viluyo</i> 1:4	21/04/2023	19/05/2023	28	25.15	2 780	110.54
2. <i>Viluyo</i> 1:4	21/04/2023	19/05/2023	28	25.05	2 580	102.99
3. <i>Viluyo</i> 1:4	21/04/2023	19/05/2023	28	25	2 350	94
<b>f'm promedio</b>						<b>102.51</b>

*Nota.* Resistencia de resistencia a la compresión de cubos de mortero preparados con agregado fino de la cantera *Viluyo*, con una dosificación cemento – arena 1:4.

*Fuente.* Elaboración propia.



### 4.1.3. Peso Unitario

La arena de la cantera *Cutimbo* tiene un peso unitario suelto de  $1.52 \text{ gr/cm}^3$  (Tabla 19) y compactado de  $1.65 \text{ gr/cm}^3$  (Tabla 20).

#### 4.1.3.1. Peso unitario - Cutimbo

**Tabla 19**

*Peso unitario suelto - Cutimbo*

<b>Peso Unitario Suelto</b>				
Nº de pruebas	Nº	01	02	03
Peso molde + muestra.	gr.	6 730	6 700	6 730
Peso del molde	gr.	2 460	2 460	2 460
Peso de la muestra.	gr.	4 270	4 240	4 270
Volumen del molde.	$\text{cm}^3$	2 810	2 810	2 810
Peso unitario	$\text{gr/cm}^3$	1.52	1.51	1.52
Peso unitario promedio	$\text{gr/cm}^3$	<b>1.52</b>		

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de peso unitario suelto del agregado de la cantera Río *Cutimbo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

**Tabla 20**

*Peso unitario compactado - Cutimbo*

<b>Peso unitario compacto</b>				
Nº de pruebas	Nº	01	02	03
Peso molde + muestra.	gr.	7 080	7 090	7 085
Peso del molde	gr.	2 460	2 460	2 460
Peso de la muestra.	gr.	4 620	4 630	4 625
Volumen del molde.	gr.	2 810	2 810	2 810
Peso unitario	$\text{gr/cm}^3$	1.644	1.648	1.646
Peso unitario promedio	$\text{gr/cm}^3$	<b>1.65</b>		

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de peso unitario compactado del agregado de la cantera Río *Cutimbo*.

*Fuente.* Elaboración propia.



#### 4.1.3.2. Peso unitario – Viluyo

La arena de la cantera *Viluyo* tiene un peso unitario suelto de 1.57 gr/cm<sup>3</sup> (Tabla 21) y compactado de 1.72 gr/cm<sup>3</sup> (Tabla 22).

**Tabla 21**

*Peso unitario suelto - Viluyo*

<b>Peso unitario suelto</b>				
Nº de pruebas	Nº	01	02	03
Peso molde + muestra.	gr.	6 880	6 870	6 880
Peso del molde	gr.	2 460	2 460	2 460
Peso de la muestra.	gr.	4 420	4 410	4 420
Volumen del molde.	gr.	2 810	2 810	2 810
Peso unitario	gr/cm <sup>3</sup>	1.573	1.569	1.573
Peso unitario promedio	gr/cm <sup>3</sup>		<b>1.57</b>	

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de peso unitario suelto del agregado de la cantera *Viluyo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

**Tabla 22**

*Peso unitario compactado - Viluyo*

<b>Peso unitario compacto</b>				
Nº de pruebas	Nº	01	02	03
Peso molde + muestra.	gr.	7 270	7 280	7 320
Peso del molde	gr.	2 460	2 460	2 460
Peso de la muestra.	gr.	4 810	4 820	4 860
Volumen del molde.	gr.	2 810	2 810	2 810
Peso unitario	gr/cm <sup>3</sup>	1.712	1.715	1.73
Peso unitario promedio	gr/cm <sup>3</sup>		<b>1.72</b>	

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de peso unitario compactado del agregado de la cantera *Viluyo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

#### 4.1.4. Peso específico y absorción del agregado fino

El peso específico es una medida entre la masa de un volumen determinado de un material y la masa de la misma cantidad de agua, mientras que la absorción de un agregado se refiere a su capacidad para retener y contener agua en sus poros internos.

##### 4.1.4.1. Peso específico y absorción – Cutimbo

La normativa no estandariza un margen del peso específico y absorción que debe tener un agregado, el peso específico del agregado de la cantera de *Cutimbo* es 2.85 gr/cm<sup>3</sup>, por otro lado, la absorción del agregado de la cantera de *Cutimbo* es 2.54 % (Tabla 23). Esto influye en la trabajabilidad, en la resistencia y en la densidad del mortero.

**Tabla 23**

*Peso específico y absorción - Cutimbo*

<b>Agregado fino (arena) - Cutimbo</b>			
Descripción	Und.	Resultados	
Peso material saturado superficialmente seca = SSS	gr	500.0	
Peso del frasco con agua = Wc	gr	1 447.3	
Peso frasco + H <sub>2</sub> O + A gr. = W	gr.	1 771.7	
Wc + SSS	gr.	1 947.3	
Wc + SSS -W	cm <sup>3</sup>	175.6	
Peso material seco gr. = A	gr.	485.8	
% de Absorción = ((SSS-A)/A)X100	%	2.54	
<b>Peso específico gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.85</b>	<b>% de absorción</b>	<b>2.54</b>

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado de la cantera *Cutimbo*.

*Fuente.* Elaboración propia.



#### 4.1.4.2. Peso específico y absorción – Viluyo

El peso específico del agregado de la cantera de *Viluyo* es 2.44 gr/cm<sup>3</sup>; por otro lado, la absorción del agregado de la cantera de *Viluyo* es 3.61 % (Tabla 24). Esto influye en la trabajabilidad, en la resistencia y en la densidad del mortero.

**Tabla 24**

*Peso específico y absorción – Viluyo*

<b>Agregado fino (arena) - Viluyo</b>			
Descripción	Und.	Resultados	
Peso material saturado superficialmente seca = SSS	gr.	500.0	
Peso del frasco con agua = Wc	gr.	1 447.3	
Peso frasco + H <sub>2</sub> O + A gr. = W	gr.	1 742.7	
Wc + SSS	gr.	1 947.3	
Wc + SSS - W	cm <sup>3</sup>	204.6	
Peso material seco gr. = A	gr.	482.6	
% de Absorción = ((SSS-A)/A)X100	%	3.61	
<b>Peso específico gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.44</b>	<b>% de absorción</b>	<b>3.61</b>

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado de la cantera *Viluyo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

#### 4.1.5. Contenido de humedad

##### 4.1.5.1. Contenido de humedad – Cutimbo

El contenido de humedad de la arena de *Cutimbo* es de 8.19 % (Tabla 25).

**Tabla 25**

*Contenido de humedad - Cutimbo*

<b>Nro. De Tara</b>	<b>E-2</b>
Peso de Tara	74.49
Peso de Tara + M. Húmeda	467.18





Nro. De Tara	E-2
Peso de Tara + M. Seca	437.44
Peso de Agua	29.74
Peso Muestra Seca	362.95
Contenido de humedad W %	8.19
Cont. Humedad W %	<b>8.19</b>

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado de la cantera *Cutimbo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

#### 4.1.5.2. Contenido de humedad – Viluyo

El contenido de humedad de la arena de *Viluyo* es de 10.85 % (Tabla 26).

**Tabla 26**

*Contenido de Humedad - Viluyo*

Nro. De Tara	E-1
Peso de Tara	69.48
Peso de Tara + M. Húmeda	541.71
Peso de Tara + M. Seca	495.50
Peso de Agua	32.21
Peso Muestra Seca	440.02
Contenido de humedad W %	10.85
Cont. Humedad W %	<b>10.85</b>

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado de la cantera *Viluyo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

#### 4.1.6. Contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200

Se refiere a materias con apariencia de polvo fino, cuyo diámetro es menor a 0.075 mm, se realizó con el fin de determinar la cantidad de material más fino que pasa la malla Nro. 200 (Tabla 27 y 28), estos materiales pueden consistir en arcillas o partículas de polvo fino, y un exceso de esta sustancia podría tener un efecto perjudicial en el rendimiento del mortero.

#### 4.1.6.1. Material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 – Cutimbo

**Tabla 27**

*Contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 – Cutimbo*

<b>Nro. de Tara</b>	<b>E-2</b>
Peso de M. Seca Inicial	500.00
Peso de M. Seca Ensayada	482.10
% del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200	<b>3.58</b>

*Nota.* Resultado del ensayo de contenido del material más fino de la cantera *Cutimbo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

#### 4.1.6.2. Material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 – Viluyo

**Tabla 28**

*Contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 – Viluyo*

<b>Nro. de Tara</b>	<b>E-1</b>
Peso de M. Seca Inicial	500.00
Peso de M. Seca Ensayada	478.30
% del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200	<b>4.34</b>

*Nota.* Resultados del ensayo de contenido del material más fino de la cantera *Viluyo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

#### 4.1.7. Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería

Se construyeron 17 prismas para cada tipo de mortero para la prueba de resistencia a la compresión axial, cada uno con tres unidades de ladrillos King Kong Hércules 10, todos de la misma altura. En total, se construyeron 68 pilas, con 204 ladrillos. A la edad de 28 días, estas pilas fueron sometidas a la máquina de compresión (Tabla 29, 30, 31 y 32).

#### 4.1.7.1. Resistencia a la compresión de prismas - Cutimbo

**Tabla 29**

*Resistencia a la compresión axial de prismas – Cutimbo – dosificación 1:5*

Muestra	Dimensionamiento del prisma, largo x ancho x altura (cm)			Esbeltez	Carga (kg)	Carga $f'm$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Característica (kg/cm <sup>2</sup> )
1	23.90	14.00	33.01	2.36	32 730	97.82	76.31
2	23.98	13.90	33.04	2.38	32 320	96.96	75.90
3	23.96	13.93	33	2.37	33 390	100.04	78.20
4	24.00	13.90	34.01	2.45	32 860	98.50	78.07
5	23.95	13.96	33.06	2.37	31 950	95.56	74.69
6	23.92	14.06	33	2.35	32 400	96.34	75.01
7	23.80	13.90	33	2.37	32 090	97.00	75.89
8	23.96	14.02	33.01	2.35	32 800	97.64	76.12
9	23.88	13.92	33.04	2.37	32 690	98.34	76.93
10	24.00	13.96	33.01	2.36	32 510	97.03	75.79
11	23.72	14.04	33.01	2.35	32 160	96.57	75.24
12	23.52	14.03	33	2.35	32 340	98.00	76.37
13	23.80	14.00	33.06	2.36	32 410	97.27	75.93
14	23.89	13.97	33.03	2.36	32 080	96.12	75.07
15	23.90	13.92	33.01	2.37	32 340	97.21	76.02
16	23.69	13.90	33	2.37	32 920	99.97	78.22
17	23.58	13.93	33	2.37	31 980	97.36	76.10
f'm promedio							76.23
desviación estándar ( $\delta$ )							1.08
coeficiente de variación (%)							1.41
<b>f'm característica</b>							<b>75.15</b>

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, el mortero tiene una dosificación cemento:arena 1:5 y la arena proviene de la cantera *Cutimbo*.

*Fuente.* Elaboración propia.



**Tabla 30**

*Resistencia a la compresión axial de prismas – Cutimbo – dosificación 1:4*

Muestra	Dimensionamiento del prisma, largo x ancho x altura (cm)			Esbeltez	Carga (kg)	Carga f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Característica (kg/cm <sup>2</sup> )
1	23.96	14.02	33	2.35	35 030	104.28	81.29
2	23.90	13.96	33.01	2.36	34 410	103.13	80.55
3	23.90	13.91	33.02	2.37	34 600	104.08	81.42
4	23.98	13.97	33	2.36	33 960	101.37	79.14
5	23.93	13.99	33	2.36	33 900	101.26	79.01
6	23.90	14.04	33.02	2.35	33 930	101.12	78.80
7	23.60	13.97	33.4	2.39	34 590	104.92	82.33
8	23.92	14.00	33	2.36	34 600	103.32	80.59
9	23.90	13.96	33.06	2.37	33 960	101.79	79.55
10	24.02	13.94	33.03	2.37	33 800	100.94	78.91
11	23.95	14.02	33	2.35	33 080	98.52	76.80
12	23.79	14.00	33.04	2.36	34 950	104.94	81.89
13	23.96	14.03	33.02	2.35	33 990	101.11	78.82
14	23.89	13.99	33	2.36	33 420	99.99	78.02
15	23.90	13.98	32.98	2.36	34 320	102.72	80.15
16	23.91	13.96	33.03	2.37	34 290	102.73	80.26
17	23.88	13.90	33.05	2.38	33 490	100.89	78.99
f'm promedio							79.79
desviación estándar ( $\delta$ )							1.46
coeficiente de variación (%)							1.82
<b>f'm característica</b>							<b>78.34</b>

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, el mortero tiene una dosificación cemento:arena 1:4 y la arena proviene de la cantera *Cutimbo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

#### 4.1.7.2. Resistencia a la compresión de prismas - Viluyo

**Tabla 31**

*Resistencia a la compresión axial de prismas – Viluyo – dosificación 1:5*

Muestra	Dimensionamiento del prisma, largo x ancho x altura (cm)			Esbeltez	Carga (kg)	Carga $f'm$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Característica (kg/cm <sup>2</sup> )
1	23.96	14.00	33.06	2.36	32 080	95.64	74.65
2	24.01	13.93	33.02	2.37	31 880	95.32	74.53
3	23.92	14.01	33.1	2.36	32 800	97.88	76.42
4	24.02	14.02	33.05	2.36	30 980	91.99	71.76
5	23.98	13.96	33.04	2.37	30 710	91.74	71.68
6	23.96	14.04	33.02	2.35	30 780	91.50	71.30
7	23.58	13.98	33.06	2.36	30 910	93.77	73.24
8	24.00	14.00	33.04	2.36	31 120	92.62	72.28
9	23.94	13.97	33.01	2.36	32 100	95.98	74.94
10	24.62	13.99	33.03	2.36	31 560	91.63	71.52
11	23.60	14.10	33	2.34	30 900	92.86	72.21
12	23.59	14.01	33.02	2.36	30 840	93.31	72.78
13	23.84	14.02	33.04	2.36	30 980	92.69	72.29
14	23.80	13.99	33	2.36	31 860	95.69	74.66
15	24.62	13.99	33.04	2.36	31 910	92.64	72.32
16	23.00	13.98	33.04	2.36	30 460	94.73	73.97
17	23.50	13.89	33.02	2.38	30 150	92.37	72.31
<b><math>f'm</math> promedio</b>							<b>73.11</b>
desviación estándar ( $\delta$ )							1.48
coeficiente de variación (%)							2.02
<b><math>f'm</math> característica</b>							<b>71.63</b>

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, el mortero tiene una dosificación cemento:arena 1:5 y la arena proviene de la cantera *Viluyo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

**Tabla 32**

*Resistencia a la compresión axial de prismas – Viluyo – dosificación 1:4*

Muestra	Dimensionamiento del prisma, largo x ancho x altura (cm)			Esbeltez	Carga (kg)	Carga $f'm$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Característica (kg/cm <sup>2</sup> )
1	23.92	14.02	33.08	2.36	34 600	103.17	80.51
2	23.98	13.98	33	2.36	33 830	100.91	78.76
3	23.90	13.96	33.06	2.37	34 440	103.22	80.67
4	24.00	14.00	33.02	2.36	33 750	100.45	78.37
5	23.97	13.99	33.01	2.36	33 650	100.35	78.30
6	23.92	14.00	33.01	2.36	33 910	101.26	78.99
7	23.72	13.96	33.02	2.37	34 030	102.77	80.28
8	24.02	14.02	33.08	2.36	34 040	101.08	78.88
9	23.98	13.96	33.05	2.37	33 850	101.12	79.02
10	24.66	13.97	33.06	2.37	34 600	100.44	78.47
11	23.88	13.97	33	2.36	34 010	101.95	79.59
12	23.91	13.88	33.04	2.38	33 980	102.39	80.20
13	24.00	13.86	33.03	2.38	34 100	102.51	80.33
14	23.96	13.90	33	2.37	33 900	101.79	79.64
15	23.92	13.90	33	2.37	33 890	101.93	79.75
16	23.90	13.90	33.02	2.38	33 980	102.28	80.05
17	23.84	13.86	33	2.38	33 800	102.29	80.13
<b><math>f'm</math> promedio</b>							<b>79.53</b>
desviación estándar ( $\delta$ )							0.80
coeficiente de variación (%)							1.00
<b><math>f'm</math> característica</b>							<b>78.73</b>

*Nota.* Datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, el mortero tiene una dosificación cemento:arena 1:4 y la arena proviene de la cantera *Viluyo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

#### **4.1.8. Resumen de resultados**

A continuación, se presenta el resumen de los resultados de los ensayos realizados en la investigación.

La Tabla 33 muestra un resumen de los hallazgos del agregado de la cantera de *Cutimbo*, incluidos los resultados de los ensayos de contenido de humedad, granulometría, peso unitario suelto y compactado, peso específico, absorción del agregado, contenido del material más fino que pasa el tamiz número 200, resistencia característica a la compresión axial de prismas de albañilería y resistencia a la compresión en morteros.

**Tabla 33***Resultados - Cutimbo*

Ítem	Ensayo	Unidad	Valor
1	Análisis Granulométrico por Tamizado (Módulo de Fineza)	-	3.22
2	Peso unitario suelto	gr/cm <sup>3</sup>	1.52
3	Peso unitario compactado	gr/cm <sup>3</sup>	1.65
4	Peso Específico del agregado fino	gr/cm <sup>3</sup>	2.85
5	Absorción del agregado fino	%	2.54
6	Contenido de humedad	%	8.19
7	Contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200	%	3.58
8	Resistencia a la Compresión en Morteros 1:5	kg/cm <sup>2</sup>	71.01
9	Resistencia a la Compresión en Morteros 1:4	kg/cm <sup>2</sup>	114.80
10	Resistencia característica a la Compresión Axial de Prismas de Albañilería – mortero 1:5	kg/cm <sup>2</sup>	75.15
11	Resistencia característica a la Compresión Axial de Prismas de Albañilería – mortero 1:4	kg/cm <sup>2</sup>	78.34

*Nota.* Resumen de resultados de los ensayos realizados en la investigación con agregado de la cantera de *Cutimbo*.

*Fuente.* Elaboración propia.

La Tabla 34 muestra un resumen de los hallazgos del agregado de la cantera de *Viluyo*, incluidos los resultados de los ensayos de contenido de humedad, granulometría, peso unitario suelto y compactado, peso específico, absorción del agregado, contenido del material más fino que pasa el tamiz número 200, resistencia característica a la compresión axial de prismas de albañilería y resistencia a la compresión en morteros.

**Tabla 34***Resultados - Viluyo*

Ítem	Ensayo	Unidad	Valor
1	Análisis Granulométrico por Tamizado (Módulo de Fineza)	-	3.1
2	Peso unitario suelto	gr/cm <sup>3</sup>	1.57
3	Peso unitario compactado	gr/cm <sup>3</sup>	1.72
4	Peso Específico del agregado fino	gr/cm <sup>3</sup>	2.44
5	Absorción del agregado fino	%	3.61
6	Contenido de humedad	%	10.85
7	Contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200	%	4.34
8	Resistencia a la Compresión en Morteros 1:5	kg/cm <sup>2</sup>	66.00
9	Resistencia a la Compresión en Morteros 1:4	kg/cm <sup>2</sup>	102.51
10	Resistencia característica a la Compresión Axial de Prismas de Albañilería – mortero 1:5	kg/cm <sup>2</sup>	71.63
11	Resistencia característica a la Compresión Axial de Prismas de Albañilería – mortero 1:4	kg/cm <sup>2</sup>	78.73

*Nota.* Resumen de resultados de los ensayos realizados en la investigación con agregado de la cantera de *Viluyo*.

*Fuente.* Elaboración propia.





## 4.2. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.2.1. Interpretación del análisis granulométrico por tamizado

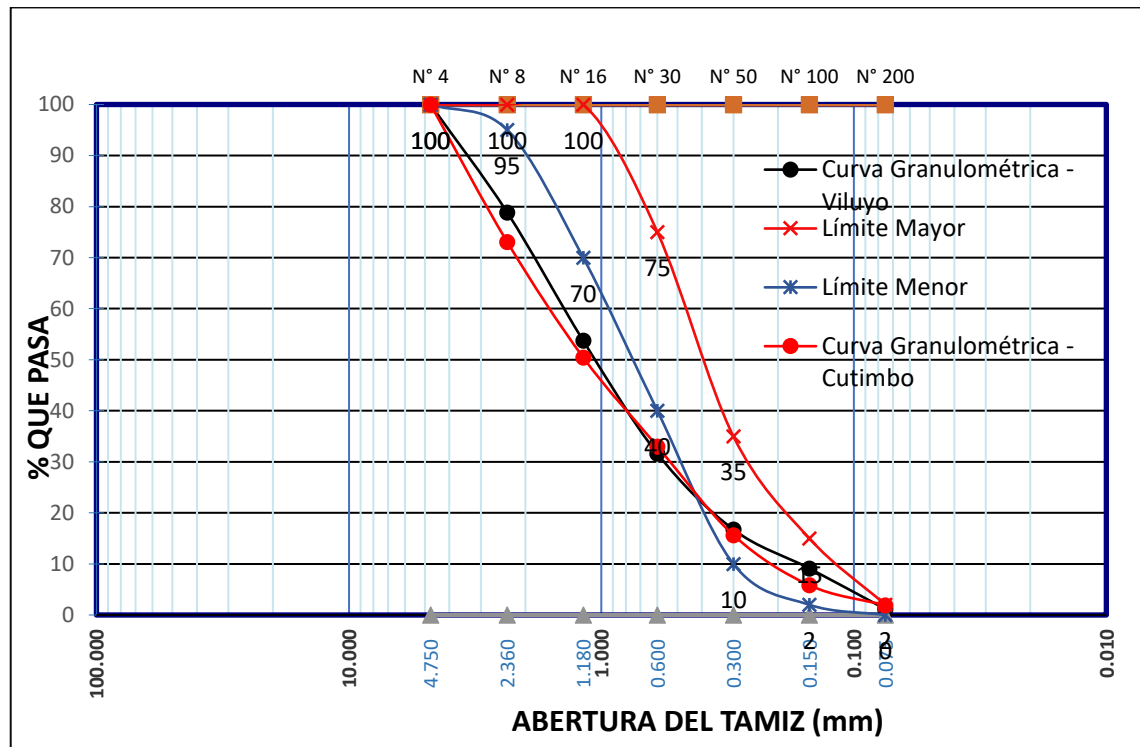
El agregado fino de la cantera *Cutimbo* utilizada para preparación de mortero tiene un 5.83 % de finos, tiene un tamaño máximo de 2.360 mm (malla Nro. 8). El 60 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 1.732 mm (D60), el 30 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 0.561 mm (D30), y el 10 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 0.232 mm (D10); por lo tanto, tiene un coeficiente de uniformidad  $C_u$  de 7.47 y un coeficiente de curvatura  $C_c$  de 0.78, lo cual según la clasificación SUCS es Arena mal Graduada SP. Se logró un error que se considera aceptable, con un valor del 0.1 %, y este error se encuentra dentro de los rangos definidos en la normativa NTP 400.012, que establece un límite igual o menor al 0.3 %. Sin embargo, el valor del módulo de fineza, que es 3.22, está por fuera de los intervalos especificados en la Norma E.070, que establece que debe estar entre 1.6 y 2.5.

El agregado fino de la cantera *Viluyo* utilizada para preparación de mortero tiene un 9.12 % de finos, tiene un tamaño máximo de 2.360 mm (malla Nro. 8). El 60 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 1.519 mm (D60), el 30 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 0.575 mm (D30), y el 10 % del agregado fino tiene un diámetro menor o igual a 0.181 mm (D10), por tanto, tiene un coeficiente de uniformidad  $C_u$  de 8.39 y un coeficiente de curvatura  $C_c$  de 1.20 lo cual según la clasificación SUCS es Arena bien Graduada SW. Se logró un error que se considera aceptable, con un valor del 0.08 %. Y este error se encuentra dentro de los rangos definidos en la normativa NTP 400.012, que establece un límite igual o menor al 0.3 %. Sin embargo, el valor del módulo de fineza, que es 3.1, está por fuera de los intervalos especificados en la Norma E.070, que establece que debe estar entre 1.6 y 2.5.

Las curvas granulométricas de los agregados de las canteras de “Cutimbo y Viuyo” (Figura 15); se encuentran fuera de los límites recomendados por la Norma E.070, dichos límites se referencian en la Tabla 1.

**Figura 15**

*Curva granulométrica - Cutimbo vs Viluyo*



*Nota.* Curvas granulométricas de los agregados finos de las canteras “Cutimbo y Viluyo”

*Fuente.* Elaboración propia.

Estos resultados muestran que los agregados no cumplen con lo recomendado en la Norma E.070 de albañilería (Tabla 35) y a diferencia del agregado de la cantera de Viluyo que, si tiene buena gradación, el agregado de la cantera de Cutimbo evidencia la mala gradación, sin embargo, según la Norma E.070 en su subíndice 6.2 - b., se permitirán otras distribuciones de tamaños de partículas siempre y cuando los ensayos realizados en pilas y muretes cumplan con las resistencias especificadas.

**Tabla 35***Granulometría - Cutimbo vs Viluyo*

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura mm</b>	<b>Límite Inferior Norma E.070</b>	<b>Límite Superior Norma E.070</b>	<b>% que pasa arena Viluyo</b>	<b>% que pasa arena Cutimbo</b>
Nro. 4	4.750	100	100	100	100
Nro. 8	2.360	95	100	78.9	73.1
Nro. 16	1.180	70	100	53.7	50.4
Nro. 30	0.600	40	75	31.6	33.0
Nro. 50	0.300	10	35	16.7	15.7
Nro. 100	0.150	2	15	9.1	5.8
Nro. 200	0.075	0	2	1.2	1.9

*Nota.* Curvas granulométricas de los agregados finos de las canteras “Cutimbo y Viluyo”

*Fuente.* Elaboración propia.

#### **4.2.2. Interpretación del Peso Unitario**

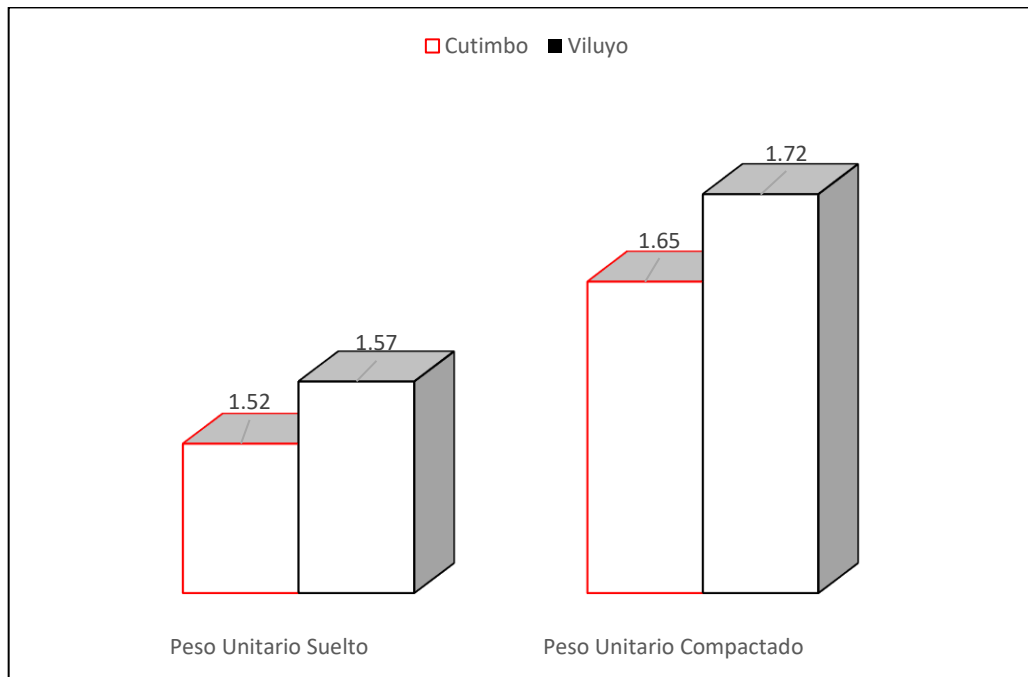
Dado que los morteros utilizados en albañilería son generalmente suministrados y dosificados en volumen, se escogió las dosificaciones en proporción volumétrica de 1:4 y 1:5 (cemento – arena) por recomendación de la Norma E.070, se utilizaron los pesos unitarios sueltos de los agregados en lugar de medir volúmenes con el fin de obtener una estimación más precisa y evitar la necesidad de trabajar con medidas volumétricas.

La normativa no establece valores específicos para el peso unitario en la preparación del mortero. El peso unitario suelto de los agregados de las canteras de *Cutimbo* y *Viluyo* (Figura 16) es de 1.52 gr/cm<sup>3</sup> y 1.57 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente, mientras que el peso unitario compactado de los agregados de estas canteras es de 1.65 gr/cm<sup>3</sup> y 1.72 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

Se podría suponer que al ser más denso el agregado de *Viluyo* el mortero preparado con este agregado sería más denso y, por tanto, más resistente, sin embargo, esto se tiene que comprobar con otras pruebas.

**Figura 16**

*Peso Unitario - Cutimbo vs Viluyo*



*Nota.* Peso unitario suelto ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) y compactado ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) de los agregados finos de las canteras “*Cutimbo* y *Viluyo*”

*Fuente.* Elaboración propia.

#### 4.2.3. Interpretación del peso específico y absorción del agregado fino

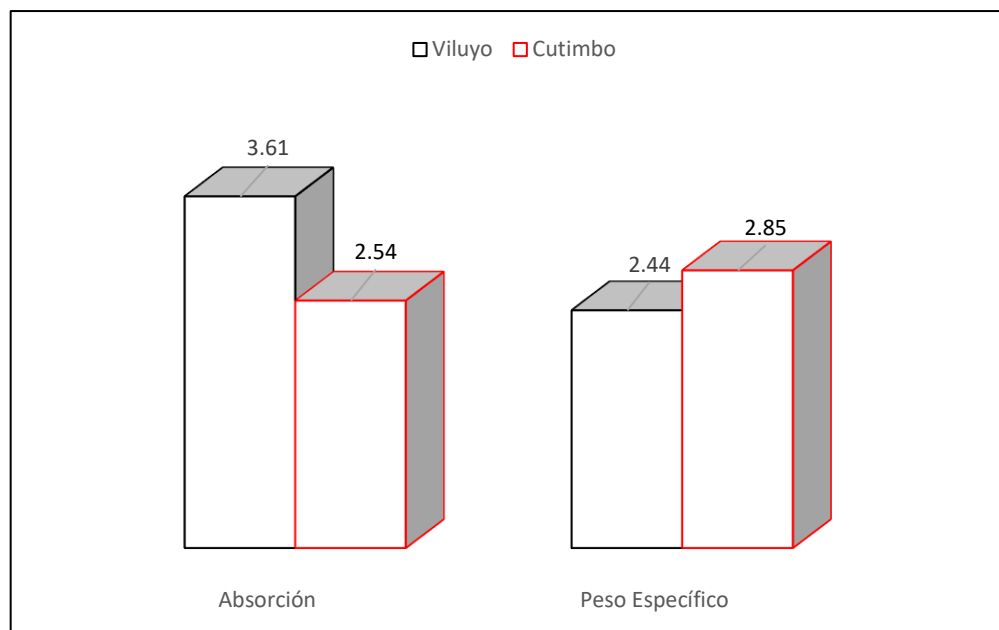
La normativa no estandariza un margen del peso específico y absorción que debe tener un agregado.

El peso específico del agregado de las canteras de *Cutimbo* y *Viluyo* (Figura 17) es  $2.85 \text{ gr}/\text{cm}^3$  y  $2.44 \text{ gr}/\text{cm}^3$  respectivamente, al ser el peso específico de *Cutimbo* mayor que el de *Viluyo* esto es un indicador de que es un material más resistente y menos poroso

que el agregado de *Viluyo*. Por otro lado, la absorción del agregado de las canteras de *Cutimbo* y *Viluyo* es 2.54 % y 3.61 % respectivamente, por ende, la porosidad del agregado de *Viluyo* es superior a la de *Cutimbo* esto influye en la trabajabilidad, en la resistencia y en la densidad del mortero.

### Figura 17

*Peso específico y absorción - Cutimbo vs Viluyo*



*Nota.* Peso específico (gr/cm<sup>3</sup>) y absorción (%) de los agregados finos de las canteras “*Cutimbo y Viluyo*”

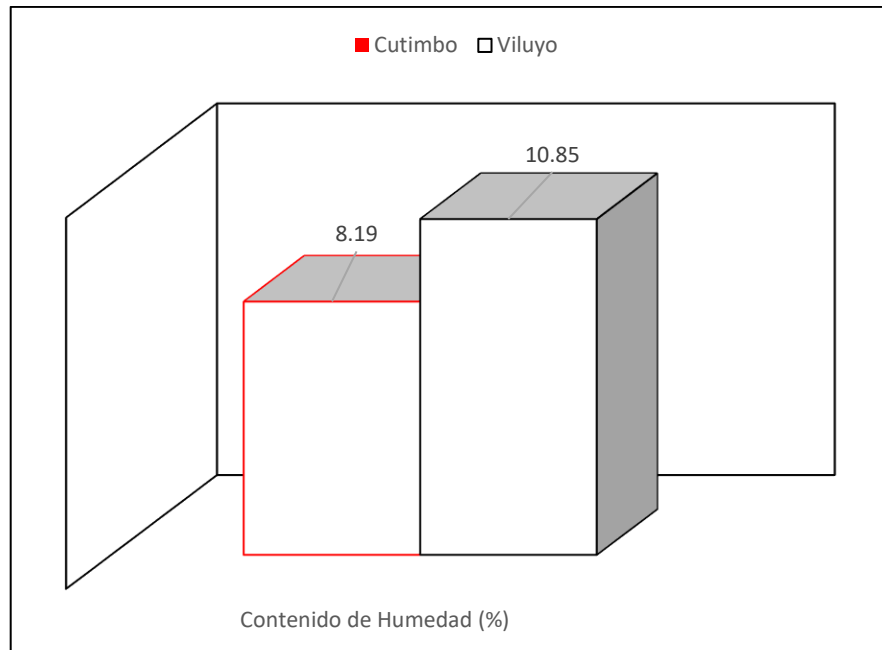
*Fuente.* Elaboración propia.

#### 4.2.4. Interpretación del contenido de humedad

La normativa no establece un rango específico para el contenido de humedad que debe tener un agregado, el contenido de Humedad del agregado de las canteras de *Cutimbo* y *Viluyo* (Figura 18) es 8.19 % y 10.85 % respectivamente, esta característica indica indirectamente una aproximación del volumen de agua a emplear en la mezcla.

## Figura 18

*Contenido de humedad - Cutimbo vs Viluyo*



*Nota.* Contenido de humedad de los agregados finos de las canteras “Cutimbo y Viluyo”

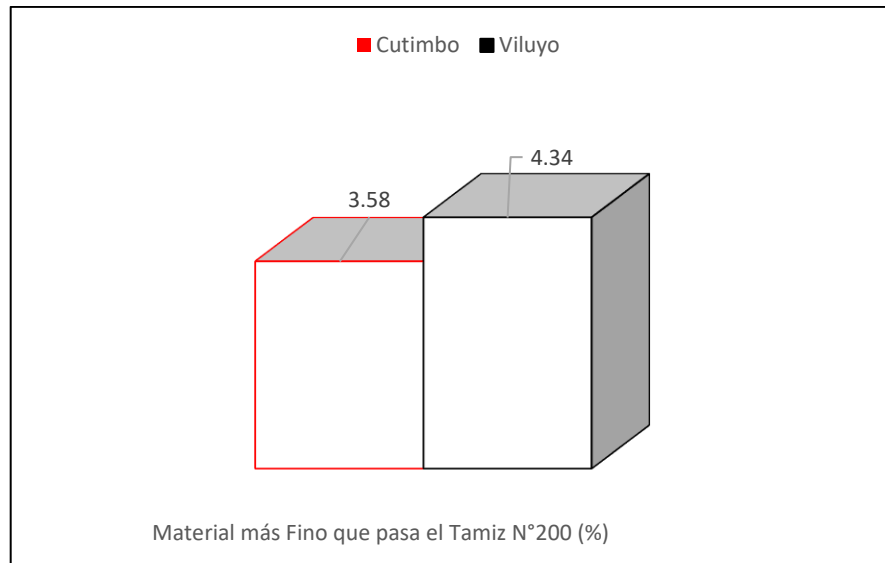
*Fuente.* Elaboración propia.

### 4.2.5. Interpretación del contenido del material más fino

Representa las materias con aspecto de polvo fino, cuyo diámetro es menor a 0.075 mm. El contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 del agregado las canteras de *Cutimbo* y *Viluyo* (Figura 19) es 3.58 % y 4.34 % respectivamente, pueden ser dañinos para los morteros si se encuentran en cantidades excesivas, ya que reducen la capacidad de adhesión entre la pasta de cemento y el agregado, además de afectar la durabilidad y la resistencia al desgaste del mortero, la Norma NTP 400.018 menciona un valor no mayor al 5 %.

**Figura 19**

*Contenido del material más fino - Cutimbo vs Viluyo*



*Nota.* Contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 de las canteras “Cutimbo y Viluyo”

*Fuente.* Elaboración propia.

#### **4.2.6. Interpretación de resistencia a la compresión del mortero**

En la Figura 20, se presentan los resultados de las pruebas de compresión realizadas en cubos de mortero, evidenciando las disparidades en las resistencias obtenidas entre los diferentes tipos de mortero.

El factor que más incide en la diferencia de resistencias principalmente es la dosificación de cada mortero 1:5 (Cemento:Arena) y 1:4 (Cemento:Arena).

La diferencia de resistencias entre morteros con la misma dosificación se debe a factores como el tamaño de los granos de la arena, esto tiene influencia sobre la resistencia del mortero. El agregado de *Cutimbo* tiene un módulo de fineza de 3.22, mientras que la arena de *Viluyo* tiene un módulo de fineza de 3.1. Esto quiere decir que la arena de *Cutimbo* tiene material más grueso que el de *Viluyo*. Se podría suponer que la arena de



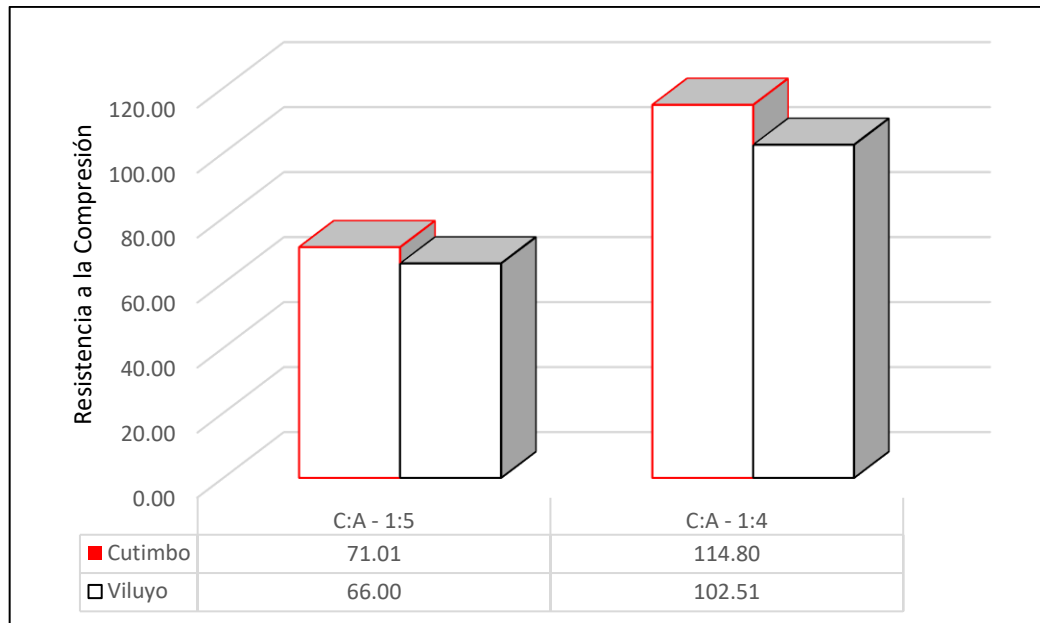
*Cutimbo* es más densa que la de *Viluyo* y, por tanto, más resistente; sin embargo, esto no sucede de manera automática, ya que la incorporación de cemento y agua modifica la estructura física de la mezcla, en este caso la densidad del agregado de *Cutimbo* en estado suelto es de  $1.52 \text{ gr/cm}^3$ , mientras que la de *Viluyo* es de  $1.57 \text{ gr/cm}^3$ , esto ocurre porque el agregado de *Viluyo* posee un 9.1 % de material que pasa la malla Nro. 100 y la de *Cutimbo* posee un 5.8 %. El agregado de *Viluyo*, según la clasificación SUCS, es una arena bien graduada (SW) y el agregado de *Cutimbo* no (SP), entonces las partículas finas se distribuyen mejor y rellenan los poros y vacíos que poseen los granos del agregado de *Viluyo* más que las de *Cutimbo* y esto hace que tenga una mayor densidad. La arena que contiene un mayor número de partículas finas en una unidad de volumen presenta una mayor cantidad de puntos de contacto entre sus granos. Cuando se añade agua, esta crea una película que separa los granos debido a la tensión superficial.

Otro factor a tomar en cuenta es el peso específico, ya que el peso específico es un indicador que se emplea para evaluar la calidad del agregado, valores elevados de peso específico indican que se trata de materiales de buen comportamiento, mientras que valores bajos sugieren que se trata de agregados porosos y débiles. En este caso, el peso específico del agregado de *Cutimbo* es  $2.85 \text{ gr/cm}^3$  y el peso específico del agregado de *Viluyo* es  $2.44 \text{ gr/cm}^3$ . También la porosidad del agregado un indicador que influye en la resistencia del mortero, el porcentaje de absorción de cada agregado indicara su porosidad, aquel agregado en el que sus partículas posean mayor porosidad tendrán un mayor porcentaje de absorción. En este caso, el agregado de *Cutimbo* tiene un 2.54 % de absorción y el agregado de *Viluyo* un 3.61 % de absorción, entonces, el agregado de *Cutimbo* que cuando se combina con una proporción fija de cemento. La arena que posee menos espacios vacíos en su volumen da como resultado un mortero más compacto y, por ende, más resistente.



**Figura 20**

*Resistencia a la compresión en cubos de mortero - Cutimbo vs Viluyo*



*Nota.* Comparación de resistencias a la compresión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) en cubos de mortero distintos.

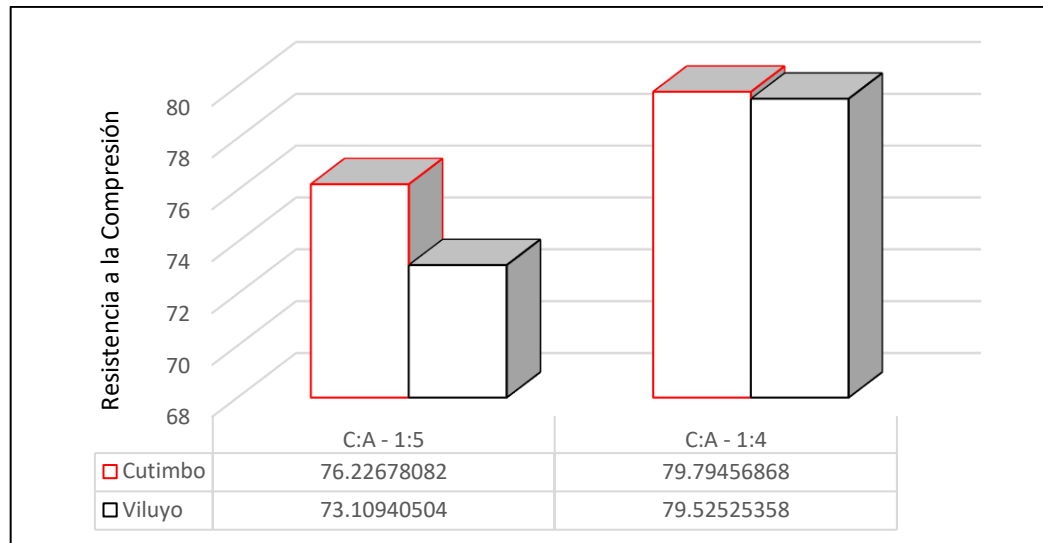
*Fuente.* Elaboración propia.

#### **4.2.7. Interpretación de resistencia a la compresión de prismas**

Una de las características más importantes de los prismas de albañilería es su resistencia a la compresión axial. Esta investigación examina las resistencias promedio de los prismas de albañilería preparados con diferentes morteros (Figura 21) los cuales fueron: prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Cutimbo* con dosificación cemento:arena (1:5)  $76.23 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Cutimbo* con dosificación cemento:arena (1:4)  $79.79 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Viluyo* con dosificación cemento:arena (1:5)  $73.11 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Viluyo* con dosificación cemento:arena (1:4)  $79.53 \text{ kg}/\text{cm}^2$ .

**Figura 21**

*Promedio de resistencia a la compresión de prismas - Cutimbo vs Viluyo*



*Nota.* Comparación de resistencias a la compresión axial de prismas de albañilería ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) construidos con morteros distintos.

*Fuente.* Elaboración propia.

En la Figura 20, se observa la superioridad de resistencia a la compresión de los morteros preparados con agregado de la cantera de *Cutimbo*. La resistencia a la compresión del mortero influye a la resistencia final de los prismas de albañilería, pero este aumento no se da en proporción directa al incremento de la resistencia a la compresión del mortero. En la Figura 21, se observa el promedio de las resistencias a la compresión de los prismas de albañilería y se evidencia que la resistencia de los prismas de albañilería que tienen un mortero preparado con arena de la cantera de *Cutimbo* siguen siendo superiores a los prismas de albañilería que tienen un mortero preparado con arena de la cantera de *Viluyo*.

Para interpretar de mejor manera los resultados obtenidos en el ensayo de Resistencia a la Compresión Axial de Prismas de Albañilería, se calculó la desviación



estándar de cada conjunto de resultados para así medir la distribución de datos y medir la extensión de rango de valores con respecto al promedio, una desviación estándar que se acerque a cero nos dará un indicador que los valores son constantes, mientras que valores más altos nos indicaran que el rango de valores son más extensos. En este caso, la desviación estándar de las resistencias a la compresión axial de los prismas de albañilería preparados con morteros con dosificación 1:5 de las canteras de *Cutimbo* y *Viluyo* son 1.08 y 1.48 con un coeficiente de variación de 1.41 % y 2.02 %, respectivamente. La desviación estándar de las resistencias a la compresión axial de los prismas de albañilería preparados con morteros con dosificación 1:4 de las canteras de *Cutimbo* y *Viluyo* son 1.46 y 0.79 con un coeficiente de variación de 1.82 % y 1.00 % respectivamente.

Ante un mismo esfuerzo de compresión el ladrillo y el mortero, se deformarán de manera distinta, ya que son materiales con características físicas y mecánicas diferentes. En el prisma de albañilería cargado, el mortero está sometido a compresión triaxial, en este caso cuando se adiciona más cemento a la mezcla de mortero preparado con agregado de la cantera de *Cutimbo* el coeficiente de variación aumenta en 0.41 %, porque el mortero está preparado con arena mal graduada. Y, a pesar de que el aumento de cemento mejora la tensión de adhesión entre partículas, el exceso de partículas gruesas hace que este mortero sea muy consistente y que la adhesión sea menor, debido a que las partículas gruesas de la arena reducen el contacto del aglomerante. De modo que este mortero, al poseer un exceso de materiales gruesos que si bien es cierto genera un mortero áspero con mayor resistencia a la compresión, presenta una considerable cantidad de vacíos que son llenados con pasta de cemento y agua. Esto, sumado a su alta consistencia, lo hace menos tolerable a los esfuerzos de compresión triaxial, por lo tanto, la falla más frecuente en estos prismas de albañilería es en el mortero (Figura 22).

Con respecto al coeficiente de variación de la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería con mortero preparado con agregado de cantera de *Viluyo* cuando la dosificación es 1:5 el coeficiente de variación es de 2.2 %; pero, cuando se adiciona más cemento a la mezcla de mortero, este disminuye en 1.02 %. Esto ocurre, porque la tensión de adhesión del mortero disminuye cuando hay menos cemento. De eso modo, este mortero, al poseer una distribución uniforme de partículas finas y gruesas, hace que la pasta de cemento y agua en conjunto con el agregado generen mezcla de mortero liso con una mejor adherencia generada por las partículas finas y una resistencia que no difiere mucho de la del mortero preparado con arena de *Cutimbo*. Todo esto en conjunto hace que este mortero sea menos denso y mucho más tolerable al aplicar cargas de compresión triaxial. Por eso la falla más usual en estos prismas de albañilería es evidente en la unidad de albañilería (Figura 23).

## Figura 22

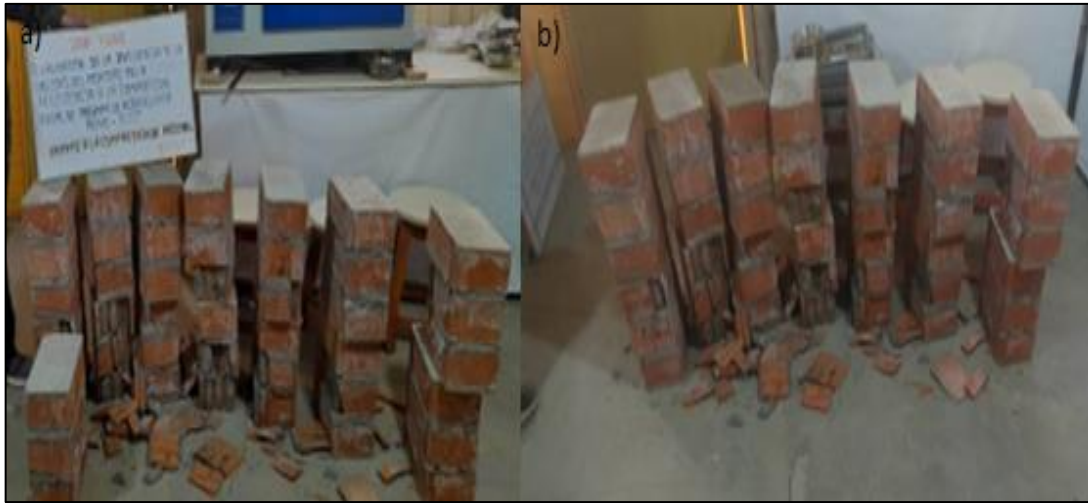
*Prismas luego de ser ensayados con mortero de Cutimbo*



*Nota.* a) Prismas de albañilería ensayados con dosificación cemento:arena (1:4) b) Prismas de albañilería ensayados con dosificación cemento:arena (1:5)

### Figura 23

*Prismas luego de ser ensayados con mortero de Viluyo*

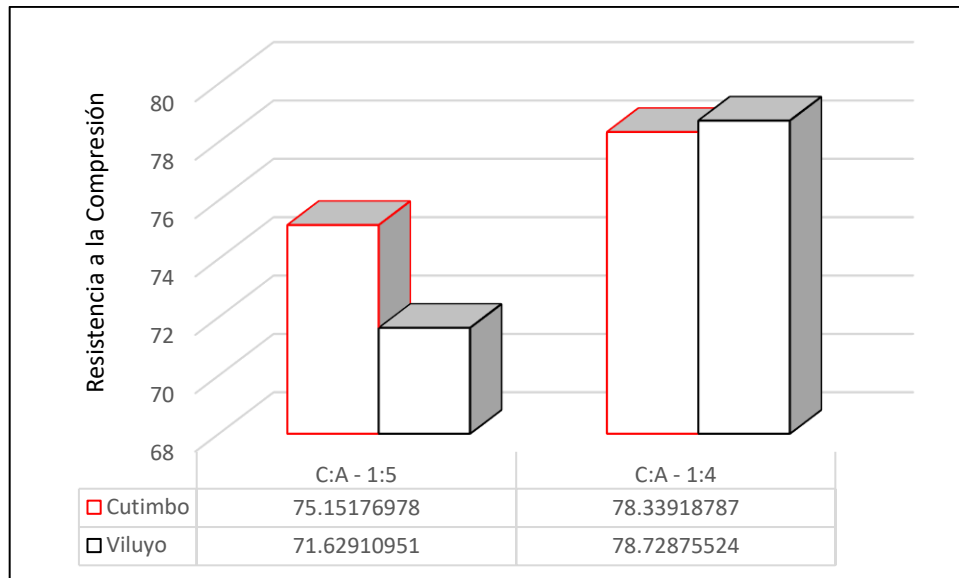


*Nota.* a) Prismas de albañilería ensayados con dosificación cemento:arena (1:4) b) Prismas de albañilería ensayados con dosificación cemento:arena (1:5)

La resistencia a la compresión axial característica ( $f'_b$ ) de los prismas de albañilería se obtiene restando la desviación estándar de la muestra a la resistencia promedio, de acuerdo con las instrucciones de la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). La resistencia a la compresión axial característica ( $f'_b$ ) de los prismas de albañilería elaborados con diferentes morteros se muestra en la Figura 24. Estos se caracterizaron por ser lo siguiente: prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Cutimbo* con dosificación cemento:arena (1:5) 75.15 kg/cm<sup>2</sup>, prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Cutimbo* con dosificación cemento:arena (1:4) 78.34 kg/cm<sup>2</sup>, prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Viluyo* con dosificación cemento:arena (1:5) 71.63 kg/cm<sup>2</sup>, prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Viluyo* con dosificación cemento:arena (1:4) 78.73 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 24**

*Resistencia característica a la compresión de prismas Cutimbo vs Viluyo*



*Nota.* Comparación de resistencias características a la compresión axial de prismas de albañilería ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) construidos con morteros distintos.

*Fuente.* Elaboración propia.

Según la Norma E.070, los prismas de albañilería construidos con una mezcla de mortero 1:4 y ladrillos de arcilla de tipo King Kong industrial deben tener una resistencia de  $65 \text{ kg}/\text{cm}^2$ . Se considerará tal resistencia como un 100 %, de ese modo la resistencia característica de los prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Cutimbo* con dosificación cemento:arena (1:5) es de 115.62 %, la resistencia característica de los prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Cutimbo* con dosificación cemento:arena (1:4) es de 120.52 %. La resistencia característica de los prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Viluyo* con dosificación cemento:arena (1:5) es de 110.2 % y la resistencia característica de los prismas con mortero preparado con arena de la cantera *Viluyo* con dosificación cemento:arena (1:4) es de 121.12 %.



#### 4.2.8. Discusión

Respecto a la resistencia del mortero, se obtuvo como resultados que el mortero preparado con arena de *Cutimbo* que tiene un módulo de fineza de 3.22, una densidad en estado suelto de  $1.52 \text{ gr/cm}^3$  y el contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 es del 3.58 % el mortero preparado con arena de *Viluyo* que tiene un módulo de fineza de 3.1, una densidad en estado suelto de  $1.57 \text{ gr/cm}^3$  y el contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 es del 4.34 %. La resistencia a compresión promedio en cubos mortero preparado con arena de *Cutimbo* con dosificación 1:5 y 1:4 es de  $71.01 \text{ kg/cm}^2$  y  $114.8 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente. Y la resistencia a compresión promedio en cubos mortero preparado con arena de *Viluyo* con dosificación 1:5 y 1:4 es de  $66.0 \text{ kg/cm}^2$  y  $102.51 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente; sin embargo, en la investigación de Salinas & Llanque (2017) se realiza ensayos de resistencia a la compresión en cubos de mortero artesanal compuesta por arena de las canteras “*Vicho mas Pisac* proporción 2:1” que tiene un módulo de fineza de 3.35 y una densidad en estado suelto de  $1.45 \text{ gr/cm}^3$  y un contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 de 5.03 %, con relación en volumen 1:5. Del mismo modo, realizaron ensayos de resistencia a la compresión en cubos de mortero normado compuesta por arena de la cantera *Morro Blanco* compuesta por arena que tiene un módulo de fineza de 2.27 y una densidad en estado suelto de  $1.44 \text{ gr/cm}^3$  y un contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 de 1.00 %, ya que se lavó, con relación en volumen 1:4, obtuvo como resultado que la resistencia promedio a la compresión de cubos de mortero artesanal es de  $43.88 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que la resistencia promedio a la compresión de cubos de mortero normado alcanza los  $75.16 \text{ kg/cm}^2$ . Estos resultados son distintos porque el factor que más incide en la resistencia de los cubos de mortero es la dosificación (cemento:arena) de cada mortero, la diferencia de resistencias entre morteros con la misma dosificación se debe a factores como el tamaño de los granos de la arena.



Esto tiene influencia sobre la resistencia del mortero. Además, se puede suponer que el mortero preparado con la arena más densa será el más resistente. No obstante, esto no ocurre porque la modificación en la composición física de la mezcla se produce debido a la adición de cemento y agua. Asimismo, es esencial considerar el peso específico, ya que este indicador se utiliza para evaluar la calidad del agregado. Valores elevados indican materiales de alto rendimiento, en contraste, valores bajos señalan agregados porosos y con menor resistencia. También la porosidad del agregado es un indicador que influye en la resistencia del mortero, el porcentaje de absorción de cada agregado indicará su porosidad, aquel agregado en el que sus partículas posean mayor porosidad tendrán un mayor porcentaje de absorción, entonces, cuando el agregado contiene menos poros en un determinado volumen y se combina con una proporción específica de cemento, se genera un mortero más compacto y, como resultado, más resistente.

Con relación a la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, se obtuvo que la resistencia a la compresión axial característica de los prismas de albañilería con mortero preparado con arena de la cantera *Cutimbo* y *Viluyo* con dosificación cemento:arena (1:5) son  $75.15 \text{ kg/cm}^2$  y  $71.63 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente. Y la resistencia a la compresión axial, característica de los prismas de albañilería con mortero preparado con arena de la cantera *Cutimbo* y *Viluyo* con dosificación cemento:arena (1:4), son  $78.34 \text{ kg/cm}^2$  y  $78.73 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente. Cabe subrayar que las resistencias a la compresión axial en cubos de mortero de las pilas de albañilería fueron mortero preparado con arena de *Cutimbo* con dosificación 1:5 y 1:4 es de  $71.01 \text{ kg/cm}^2$  y  $114.8 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Y la resistencia a compresión promedio en cubos mortero preparado con arena de *Viluyo* con dosificación 1:5 y 1:4 es de  $66.0 \text{ kg/cm}^2$  y  $102.51 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Sin embargo, en la investigación de Salinas & Llanque (2017), realizaron ensayos de resistencia a la compresión axial de pilas elaborado con mortero





artesanal compuesta por cemento:arena con relación en volumen 1:5 llegando a una resistencia característica de  $63.87 \text{ kg/cm}^2$ , mortero normado compuesta por cemento:arena con relación en volumen 1:4, llegando a una resistencia característica de  $70.03 \text{ kg/cm}^2$ , las resistencias a la compresión axial en cubos de mortero de las pilas de albañilería fueron mortero artesanal  $43.88 \text{ kg/cm}^2$  y mortero normado  $75.16 \text{ kg/cm}^2$ . A su vez, en la investigación de Quispe & Castillo (2022), realizaron ensayos de resistencia a la compresión en pilas elaborado con mortero convencional (cemento:arena) como muestra patrón llegando a una resistencia característica de  $72.01 \text{ kg/cm}^2$  y mortero incorporado con aditivo SikaLatex llegando a una resistencia característica de  $77.99 \text{ kg/cm}^2$ , cabe señalar que las resistencias a la compresión en cubos de mortero convencional de las pilas fueron  $75.82 \text{ kg/cm}^2$  y mortero incorporado con aditivo SikaLatex  $85.02 \text{ kg/cm}^2$ . Estos resultados se deben a que ante un mismo esfuerzo de compresión el ladrillo y el mortero se deformarán de manera distinta, ya que son materiales con características físicas y mecánicas diferentes, en el prisma de albañilería cargado. El mortero está sometido a compresión triaxial, cuando el mortero está preparado con arena mal graduada y, a pesar de que el aumento de cemento mejora la tensión de adhesión entre partículas, el exceso de partículas gruesas hacen que este mortero sea muy consistente y que la adhesión sea menor, debido a que las partículas gruesas de la arena reducen el contacto del aglomerante. Siendo esto así, este mortero, al poseer un exceso materiales gruesos que si bien es cierto genera un mortero áspero con mayor resistencia a la compresión, presenta una considerable cantidad de vacíos que son llenados con pasta de cemento y agua, esto sumado a su alta consistencia lo hace menos tolerable a los esfuerzos de compresión triaxial. Por otro lado, cuando el mortero posee una distribución uniforme de partículas finas y gruesas, hace que la pasta de cemento y agua en conjunto con el agregado generen mezcla de mortero liso con una mejor



adherencia generada por las partículas finas: todo esto en conjunto hace que este mortero sea menos denso y mucho más tolerable al aplicar cargas de compresión triaxial.

Con respecto a los ensayos realizados al agregado de *Viluyo*, se destaca que este tiene un módulo de fineza de 3.1, un peso unitario suelto y compactado de 1.57 gr/cm<sup>3</sup> y 1.72 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente, un peso específico de 2.44 gr/cm<sup>3</sup> y 3.61 % de absorción, contenido de humedad del 10.85 % y contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 del 4.34 %. Sin embargo, en la investigación de Lipa (2016), el agregado fino de la cantera de *Viluyo* tiene un módulo de fineza de 2.43, un peso unitario suelto y compactado de 1.42 gr/cm<sup>3</sup> y 1.53 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente, un peso específico de 2.6 gr/cm<sup>3</sup> y 2.39 % de absorción, contenido de humedad del 6.43 % y contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 del 5.96 %. Esta diferencia de resultados se debe a que los lugares de extracción de las muestras ensayadas fueron realizados en puntos distintos de la cantera, además de que cada año las lluvias ocasionan un incremento en el caudal del río y esto hace que el material sea diferente cada vez, también constantemente el río arrastra agregado y el nuevo agregado que llega a cada punto de extracción tiene características distintas.

En los resultados de los ensayos realizados al agregado de *Cutimbo*, se destaca que este tiene un módulo de fineza de 3.22, un peso unitario suelto y compactado de 1.52 gr/cm<sup>3</sup> y 1.65 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente, un peso específico de 2.85 gr/cm<sup>3</sup> y 2.54 % de absorción. Sin embargo, en la investigación de Lipa (2020), se realizaron estudios en tres puntos distintos (calicatas) C-01, C-02 y C-03 de la cantera *Cutimbo*, el módulo de fineza del agregado fino es de 3.12, 3.38 y 3.2, respectivamente, el unitario suelto y compactado del agregado fino es de 1.52 gr/cm<sup>3</sup>, 1.68 gr/cm<sup>3</sup>; 1.49 gr/cm<sup>3</sup>, 1.61 gr/cm<sup>3</sup> y 1.47 gr/cm<sup>3</sup>, 1.619 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente, el peso específico del agregado fino es de 2.51 gr/cm<sup>3</sup>,



2.55 gr/cm<sup>3</sup> y 2.6 gr/cm<sup>3</sup>, respectivamente, y el porcentaje de absorción del agregado fino es de 2.17 %, 2.62 % y 4.00 %, respectivamente. Esta diferencia de resultados se debe a que los lugares de extracción de las muestras ensayadas fueron realizados en puntos distintos de la cantera, además de que cada año las lluvias ocasionan un incremento en el caudal del río y esto hace que el material sea diferente cada vez, también constantemente el río arrastra agregado y el nuevo agregado que llega a cada punto de extracción tiene características distintas.

### **4.3. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS**

#### **4.3.1. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 1**

El primer objetivo específico planteado en el Capítulo I, ítem 1.4.2, página 25, es *“determinar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas del agregado utilizado para mortero según la Norma E.070”*.

Se cumplió el objetivo específico Nro. 1, habiéndose realizado los ensayos que recomienda la Norma E.070 al agregado que se usó para la fabricación de cada tipo de mortero, en este caso agregado de las canteras *“Río Cutimbo y Viluyo”*. Dichos resultados e interpretación de los ensayos se muestran en los ítems 4.1.1 (página 86) y 4.2.1 (página 104) respectivamente.

Se resalta que las propiedades físicas y mecánicas del agregado empleado para mortero son las siguientes: el agregado fino de la cantera *Cutimbo* (Tabla 13) utilizado para preparación de mortero tiene un 5.83 % de finos, tiene un coeficiente de uniformidad  $C_u$  de 7.47 y un coeficiente de curvatura  $C_c$  de 0.78, según la clasificación SUCS es Arena mal Graduada (SP), tiene un módulo de fineza de 3.22. El agregado fino de la cantera *Viluyo* (Tabla 14) utilizado para preparación de mortero tiene un 9.12 % de finos, tiene un coeficiente de uniformidad  $C_u$  de 8.39 y un coeficiente de curvatura  $C_c$  de 1.20,

según la clasificación SUCS es Arena bien Graduada (SW), tiene un módulo de fineza de 3.1. No se ajustan a las pautas indicadas en la Norma E.070 para la preparación de mortero; sin embargo, siempre y cuando los ensayos en pilas y muretes demuestren las resistencias necesarias, se admitirán diferentes granulometrías y en este caso los ensayos en pilas si proporcionan las resistencias requeridas.

#### **4.3.2. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 2**

El segundo objetivo específico planteado en el Capítulo I, ítem 1.4.2, página 25 es “*evaluar la influencia de la resistencia del mortero en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería*”.

Se cumplió el objetivo específico Nro. 2, la evaluación de la influencia de la resistencia del mortero en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería está desarrollada en el ítem 4.2.6 (Capítulo IV), página 110.

Puede destacarse que la resistencia del mortero es uno de los factores que inciden en la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería. Pero este incremento no sigue una relación proporcional con el aumento de la resistencia a la compresión del mortero, ya que se evidencia que pese a que el mortero de *Cutimbo* con dosificación 1:5 ( $71.01 \text{ kg/cm}^2$ ) es 7.59 % (Figura 20) más resistente que el mortero de *Viluyo* con dosificación 1:5 ( $66.00 \text{ kg/cm}^2$ ) la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería fabricados con mortero 1:5 de *Cutimbo* ( $76.22 \text{ kg/cm}^2$ ) es 4.27 % (Figura 21) más resistente que la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería fabricados con mortero 1:5 de *Viluyo* ( $73.11 \text{ kg/cm}^2$ ) y el mortero de *Cutimbo* con dosificación 1:4 ( $114.8 \text{ kg/cm}^2$ ) es 11.98 % (Figura 20) más resistente que el mortero de *Viluyo* con dosificación 1:4 ( $102.51 \text{ kg/cm}^2$ ) la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería fabricados con mortero 1:4 de *Cutimbo* ( $79.79 \text{ kg/cm}^2$ ) es 0.33 % (Figura 21)



más resistente que la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería fabricados con mortero 1:4 de *Viluyo* ( $79.52 \text{ kg/cm}^2$ ). El promedio de las resistencias a la compresión de los prismas de albañilería que fueron fabricados con mortero preparado con arena de la cantera de *Río Cutimbo* siguen siendo superiores a la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería que fueron fabricados con mortero preparado con arena de la cantera de *Viluyo*.

#### 4.3.3. Cumplimiento de objetivo específico Nro. 3

El tercer objetivo específico planteado en el Capítulo I, ítem 1.4.2, página 25 es “*evaluar la influencia de las propiedades físicas y mecánicas del agregado en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería*”.

Se cumplió el objetivo específico Nro. 3: la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del agregado en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería está desarrollada en el ítem 4.2.7 (Capítulo IV), página 112.

El agregado de *Cutimbo* tiene un módulo de fineza de 3.22 (Tabla 13), mientras que la arena de *Viluyo* tiene un módulo de fineza de 3.1 (Tabla 14). La densidad del agregado de *Cutimbo* en estado suelto es de  $1.52 \text{ gr/cm}^3$  (Tabla 19), mientras que la de *Viluyo* es de  $1.57 \text{ gr/cm}^3$  (Tabla 21). El agregado de *Viluyo* posee un 9.1 % (Tabla 14) de material que pasa la malla Nro. 100 y la de *Cutimbo* posee un 5.8 % (Tabla 13). El agregado de *Viluyo*, según la clasificación SUCS, es una arena bien graduada (SW) (Tabla 14) y el agregado de *Cutimbo* no (SP) (Tabla 13). El peso específico del agregado de *Cutimbo* (Tabla 23) es  $2.85 \text{ gr/cm}^3$  y el peso específico del agregado de *Viluyo* (Tabla 24) es  $2.44 \text{ gr/cm}^3$ , el agregado de *Cutimbo* tiene un 2.54 % (Tabla 23) de absorción y el agregado de *Viluyo* un 3.61 % (Tabla 24) de absorción. La arena de *Cutimbo* tiene partículas más grandes que el agregado de *Viluyo*, esto hizo que genere un mortero más



resistente, específicamente, el mortero de *Cutimbo* con dosificación 1:5 es 7.59 % (Figura 20) más resistente que el mortero de *Viluyo* con dosificación 1:5 y el mortero de *Cutimbo* con dosificación 1:4 es 11.98 % (Figura 20) más resistente que el mortero de *Viluyo* con dosificación 1:4. Las propiedades físicas y mecánicas del agregado, tales como el tamaño de los granos de la arena, el módulo de fineza, la densidad, el porcentaje de material fino, la gradación del agregado, el peso específico y el porcentaje de absorción, influyen de manera positiva o negativa, es decir, harán subir o bajar la resistencia del mortero dependiendo de las propiedades de cada agregado. La resistencia del mortero es uno de los factores que afectan a la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería aunque no sea proporcional al incremento de la resistencia de la compresión del mortero.

#### **4.3.4. Cumplimiento de Objetivo General**

*“Evaluar el nivel de influencia de la calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, respecto a la Norma vigente RNE E.070, en la ciudad de Puno, 2023”*

Para cumplir el objetivo general, se realizó los siguientes ensayos: análisis granulométrico por tamizado (Anexos C y D), peso unitario (Anexos E y F), peso específico y absorción (Anexos G y H), contenido de humedad (Anexos I y J), contenido del material más fino que pasa el tamiz Nro. 200 (Anexo K y L), resistencia a la compresión en morteros (Anexos M al O) y resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería (Anexos P al S). Con estos resultados obtenidos, se procedió a realizar la evaluación según los parámetros del RNE E.070 y se evaluó la influencia que tenía la calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.



En la evaluación del nivel de influencia que tiene la calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, respecto a la Norma vigente RNE E.070, se obtuvo que la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería con mortero preparado con arena de la cantera *Cutimbo* y *Viluyo* (Figura 21) con dosificación cemento:arena (1:5) son 17.28 % y 12.48 %, respectivamente, son más resistentes que lo indicado en la Norma E.070; y la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería con mortero preparado con arena de la cantera *Cutimbo* y *Viluyo* (Figura 21) con dosificación cemento:arena (1:4) son 22.75 % y 22.35 %, respectivamente, son más resistentes que lo indicado en la Norma E.070. Sin embargo, pese a que las calidades de los morteros son buenas, ya que hacen que los prismas tengan una resistencia superior a lo indicado en la norma, se debe recalcar que el mortero preparado con arena de la cantera *Viluyo* es mejor que la de *Cutimbo*, ya que posee una mejor adherencia y es más resistente al aplicar cargas de compresión triaxial que es la carga que se genera cuando se realiza el ensayo de resistencia en prismas de albañilería.

#### **4.3.5. Prueba de hipótesis**

Debido a que la media poblacional era inferior a 30, se aplicó la prueba de hipótesis utilizando la distribución “T de Student” para evaluar la diferencia entre las medias de dos poblaciones con muestras independientes de tamaño reducido.

Se probará la hipótesis planteada en el Capítulo I, ítem 1.2, página 22 *“La calidad del mortero preparado con arena de lugares distintos tendrá niveles significativos de influencia en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería”*.



- **Prueba de hipótesis** “La calidad del mortero preparado con arena de *Río Cutimbo* con dosificación 1:5 influirá significativamente en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería”.

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** No existe una influencia significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Río Cutimbo* con dosificación 1:5 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

$$H_0: u_1 = u_1 \rightarrow u_1 - u_1 = 0$$

**Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):** Si existe una influencia significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Río Cutimbo* con dosificación 1:5 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

$$H_1: u_1 \neq u_1 \rightarrow u_1 - u_1 \neq 0$$

Nivel de significación  $\alpha = 0.05$ , la media de la muestra patrón (promedio de la resistencia a la compresión del mortero *Cutimbo* (1:5) es 71.01 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar de 1.69 kg/cm<sup>2</sup>, la media de la muestra experimental (resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería – *Cutimbo* – dosificación 1:5) es 76.23 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es de 1.08 kg/cm<sup>2</sup>. La cantidad de la muestra patrón es 3 y de la muestra experimental es 17.

Se utiliza la ecuación ( 8 ) para calcular la varianza común.

$$S_p = \sqrt{\frac{(3 - 1) * 1.69^2 + (17 - 1) * 1.08^2}{3 + 17 - 2}}$$

$$S_p = 1.16 \frac{kg}{cm^2}$$

Se utiliza la ecuación ( 9 ) para calcular estadístico t.



$$t_p = \frac{76.23 - 71.01}{1.16 * \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{17}}}$$

$$t_p = 7.19$$

Se utiliza la ecuación ( 10 ) para calcular el grado de libertad.

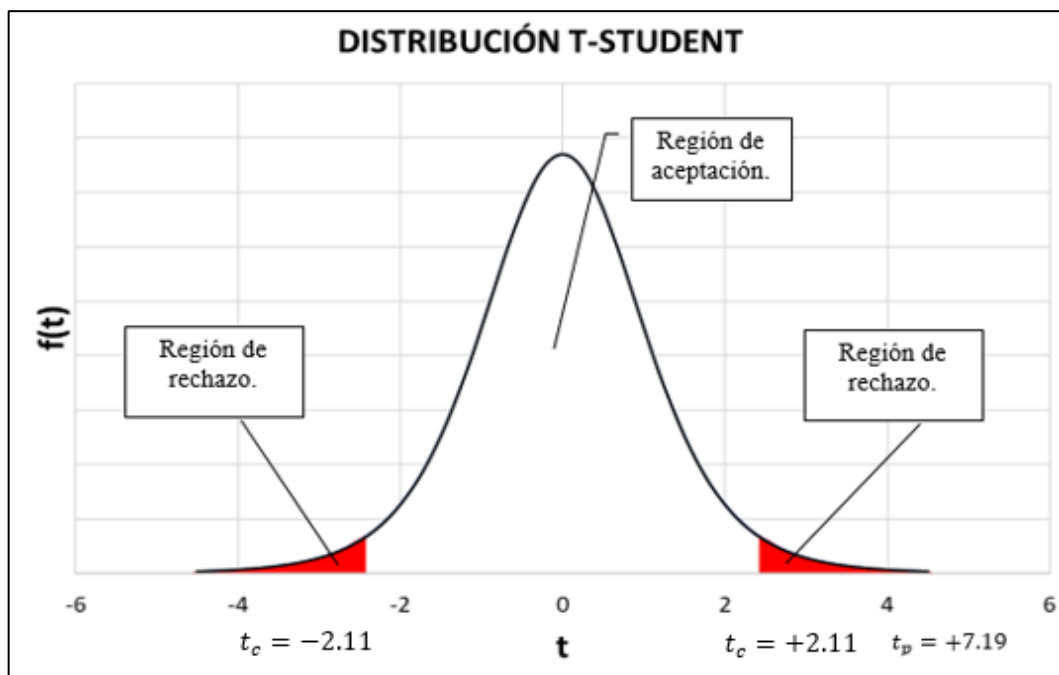
$$gl = 3 + 17 - 2$$

$$gl = 18$$

Se halla el “tc” en la tabla de distribución “T de Student” para la prueba de dos colas, consideramos  $\alpha=0.05$  y  $gl=18$  se obtiene  $t_c = \pm 2.11$

### Figura 25

*T de Student en compresión de prismas con mortero de Cutimbo 1:5*



*Nota.* El  $t_p = 7.19$  está en la región de rechazo (zona roja).

*Fuente.* Elaboración propia.

Como  $t_p$  se encuentra en la región de rechazo (Figura 25), entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, donde indica que si existe una influencia



significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Río Cutimbo* con dosificación 1:5 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, con una significación del 5 %.

- **Prueba de hipótesis** “La calidad del mortero preparado con arena de *Río Cutimbo* con dosificación 1:4 influirá significativamente en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería”.

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** No existe una influencia significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Río Cutimbo* con dosificación 1:4 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

$$H_0: u_1 = u_1 \rightarrow u_1 - u_1 = 0$$

**Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):** Si existe una influencia significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Río Cutimbo* con dosificación 1:4 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

$$H_1: u_1 \neq u_1 \rightarrow u_1 - u_1 \neq 0$$

Nivel de significación  $\alpha = 0.05$ , la media de la muestra patrón (promedio de la resistencia a la compresión del mortero *Cutimbo* 1:4) es 114.8 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar de 1.28 kg/cm<sup>2</sup>, la media de la muestra experimental (resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería – *Cutimbo* – dosificación 1:4) es 79.79 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es de 1.46 kg/cm<sup>2</sup>. La cantidad de la muestra patrón es 3 y de la muestra experimental es 17.

Se utiliza la ecuación ( 8 ) para calcular la varianza común.

$$S_p = \sqrt{\frac{(3 - 1) * 1.28^2 + (17 - 1) * 1.46^2}{3 + 17 - 2}}$$

$$S_p = 1.44 \frac{kg}{cm^2}$$

Se utiliza la ecuación ( 9 ) para calcular estadístico t.

$$t_p = \frac{79.79 - 114.8}{1.44 * \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{17}}}$$

$$t_p = -38.82$$

Se utiliza la ecuación ( 10 ) para calcular el grado de libertad.

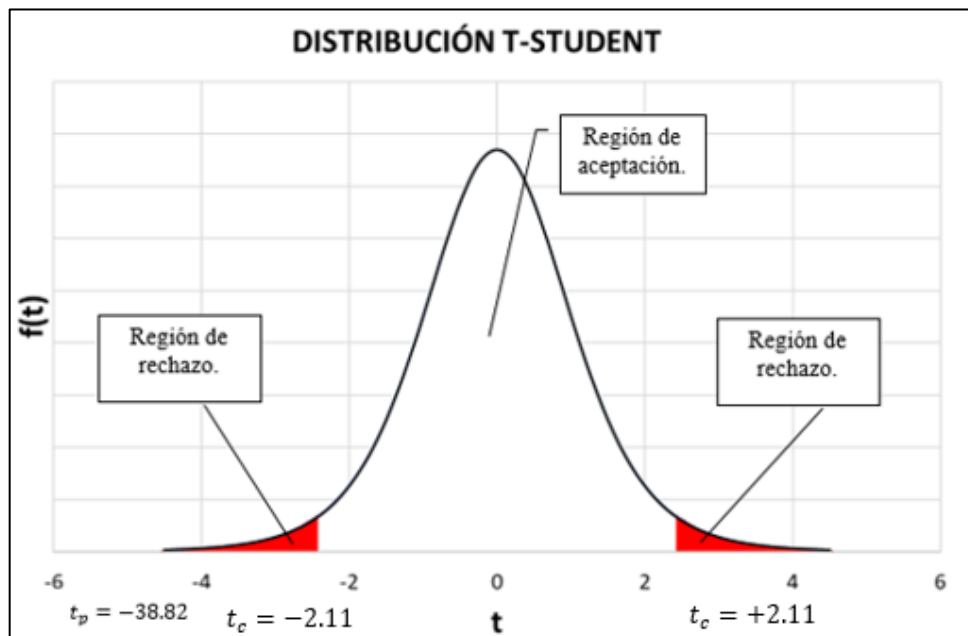
$$gl = 3 + 17 - 2$$

$$gl = 18$$

Se halla el “tc” en la tabla de distribución “T de Student” para la prueba de dos colas, consideramos  $\alpha=0.05$  y  $gl=18$  se obtiene  $t_c = \pm 2.11$

### Figura 26

*T de Student en compresión de prismas con mortero de Cutimbo 1:4*



*Nota.* El  $t_p = -38.82$  está en la región de rechazo (zona roja).

*Fuente.* Elaboración propia.

Como  $t_p$  se encuentra en la región de rechazo (Figura 26), entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, donde indica que si existe una influencia significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Río Cutimbo* con dosificación 1:4 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, con una significación del 5 %.

- **Prueba de hipótesis** “La calidad del mortero preparado con arena de *Viluyo* con dosificación 1:5 influirá significativamente en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería”.

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** No existe una influencia significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Viluyo* con dosificación 1:5 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

$$H_0: u_1 = u_1 \rightarrow u_1 - u_1 = 0$$

**Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):** Si existe una influencia significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Viluyo* con dosificación 1:5 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

$$H_1: u_1 \neq u_1 \rightarrow u_1 - u_1 \neq 0$$

Nivel de significación  $\alpha = 0.05$ , la media de la muestra patrón (promedio de la resistencia a la compresión del mortero *Viluyo* 1:5) es 66 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar de 4.09 kg/cm<sup>2</sup>, la media de la muestra experimental (resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería – *Viluyo* – dosificación 1:5) es 73.11 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es de 1.48 kg/cm<sup>2</sup>. La cantidad de la muestra patrón es 3 y de la muestra experimental es 17.

Se utiliza la ecuación ( 8 ) para calcular la varianza común.

$$S_p = \sqrt{\frac{(3 - 1) * 4.09^2 + (17 - 1) * 1.48^2}{3 + 17 - 2}}$$

$$S_p = 1.95 \frac{kg}{cm^2}$$

Se utiliza la ecuación ( 9 ) para calcular estadístico t.

$$t_p = \frac{73.11 - 66}{1.95 * \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{17}}}$$

$$t_p = 5.82$$

Se utiliza la ecuación ( 10 ) para calcular el grado de libertad.

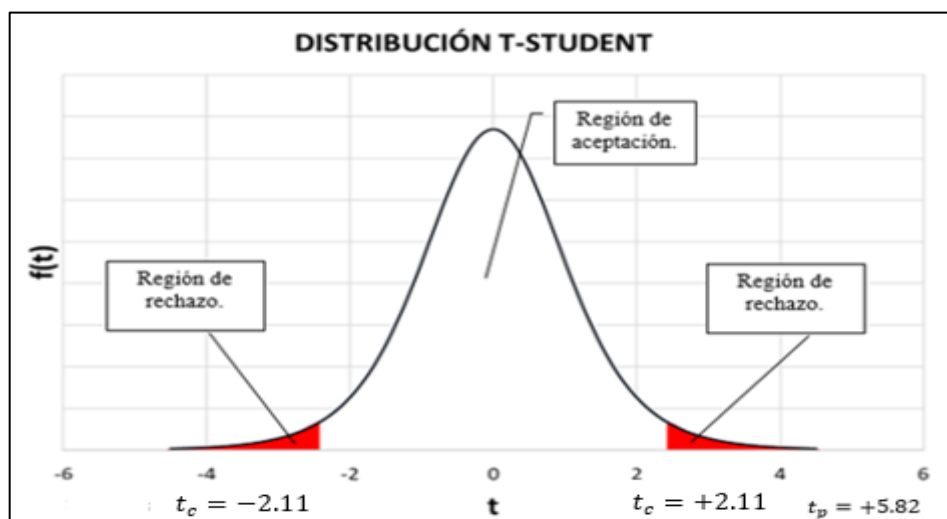
$$gl = 3 + 17 - 2$$

$$gl = 18$$

Se halla el “tc” en la tabla de distribución “T de Student” para la prueba de dos colas, consideramos  $\alpha=0.05$  y  $gl=18$  se obtiene  $t_c = \pm 2.11$

### Figura 27

*T de Student en compresión de prismas con mortero de Viluyo 1:5*



*Nota.* El  $t_p = 5.82$  está en la región de rechazo (zona roja).

*Fuente.* Elaboración propia.

Como tp se encuentra en la región de rechazo (Figura 27), entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, donde indica que si existe una influencia significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Viluyo* con dosificación 1:5 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, con una significación del 5 %.

- **Prueba de hipótesis** “La calidad del mortero preparado con arena de *Viluyo* con dosificación 1:4 influirá en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería”.

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** No existe una influencia significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Viluyo* con dosificación 1:4 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

$$H_0: u_1 = u_1 \rightarrow u_1 - u_1 = 0$$

**Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>):** Si existe una influencia significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Viluyo* con dosificación 1:4 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

$$H_1: u_1 \neq u_1 \rightarrow u_1 - u_1 \neq 0$$

Nivel de significación  $\alpha = 0.05$ , la media de la muestra patrón (promedio de la resistencia a la compresión del mortero *Viluyo* 1:4) es 102.51 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar de 8.28 kg/cm<sup>2</sup>, la media de la muestra experimental (resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería – *Viluyo* – dosificación 1:4) es 79.53 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es de 0.79 kg/cm<sup>2</sup>. La cantidad de la muestra patrón es 3 y de la muestra experimental es 17.

Se utiliza la ecuación ( 8 ) para calcular la varianza común.

$$S_p = \sqrt{\frac{(3 - 1) * 8.28^2 + (17 - 1) * 0.79^2}{3 + 17 - 2}}$$

$$S_p = 2.86 \frac{kg}{cm^2}$$

Se utiliza la ecuación ( 9 ) para calcular estadístico t.

$$t_p = \frac{79.53 - 102.51}{2.86 * \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{1}{17}}}$$

$$t_p = -12.83$$

Se utiliza la ecuación ( 10 ) para calcular el grado de libertad.

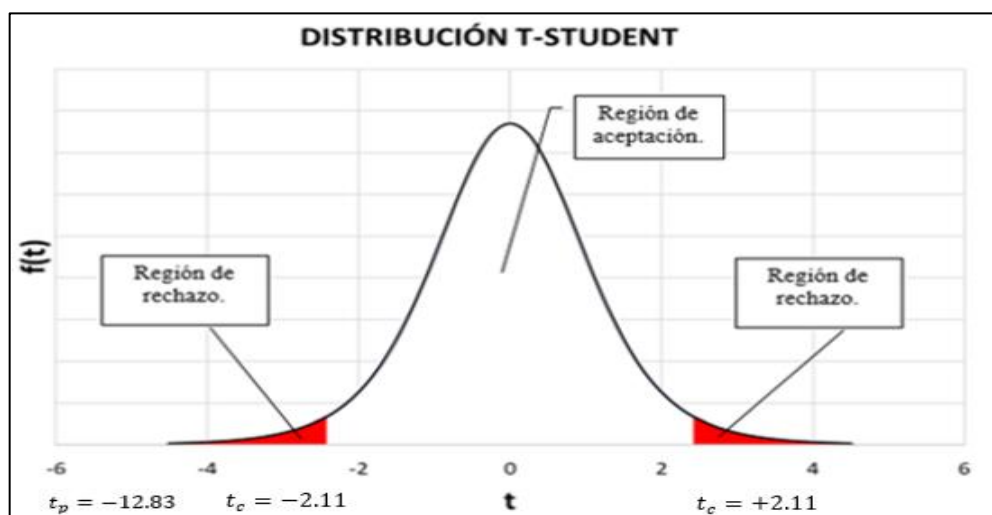
$$gl = 3 + 17 - 2$$

$$gl = 18$$

Se halla el “tc” en la tabla de distribución “T de Student” para la prueba de dos colas, consideramos  $\alpha=0.05$  y  $gl=18$  se obtiene  $t_c = \pm 2.11$

### Figura 28

*T de Student en compresión de prismas con mortero de Viluyo 1:4*



*Nota.* El  $t_p = -12.83$  está en la región de rechazo (zona roja).

*Fuente.* Elaboración propia.



Como  $t_p$  se encuentra en la región de rechazo (Figura 28), entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, donde indica que si existe una influencia significativa de la calidad del mortero preparado con arena de *Viluyo* con dosificación 1:4 en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería, con una significación del 5 %.





## V. CONCLUSIONES

- La resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería con mortero preparado con arena de las canteras *Cutimbo* y *Viluyo* con dosificación 1:5 y 1:4 son en promedio 14.88 % y 22.55 % más resistentes que lo indicado en la Norma E.070 y el mortero preparado con arena de la cantera *Viluyo* fue mejor que la de *Cutimbo*, ya que posee una mejor adherencia y es más resistente al aplicar cargas de compresión triaxial cuando se realiza el ensayo de resistencia en prismas de albañilería.
- Las propiedades físicas y mecánicas del agregado de *Viluyo* y *Cutimbo* no cumplen con las especificaciones señaladas en la Norma E.070 para la elaboración de mortero, ya que tienen un módulo de fineza de 3.1 y 3.22, respectivamente; sin embargo, los ensayos en pilas proporcionan resistencias superiores a las indicadas en la Norma E.070.
- La influencia de la resistencia del mortero no es proporcional al incremento de la resistencia de la compresión del mortero; sin embargo, se evidencia que la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería que fueron fabricados con morteros más resistentes son en promedio 2.3 % más resistentes que los prismas de albañilería que fueron fabricados con morteros menos resistentes.
- Las propiedades físicas y mecánicas del agregado hicieron que el mortero preparado con agregado de *Cutimbo* sea en promedio 9.79 % más resistente que el mortero preparado con agregado de *Viluyo*; por tanto, afectan a la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería.



## VI. RECOMENDACIONES

- Los futuros investigadores deben realizar un estudio de impacto ambiental en las zonas de extracción de agregado, ya que al momento de extraer el agregado de las canteras de *Río Cutimbo* y *Viluyo* se observó peces (no identificados) junto con el agregado a ser utilizado y es fácil suponer que se están destruyendo muchos ecosistemas en el proceso de extracción.
- Realizar la elaboración de prismas en el mismo lugar donde se realizarán los ensayos de compresión axial, para evitar que en el traslado se dañen las muestras producto de un accidente u otro suceso.
- Desarrollar estudios similares o complementarios a esta investigación, con otras relaciones en volumen y otras características del agregado.
- Efectuar estudios de prismas de albañilería con alturas de cuatro a más ladrillos.
- Complementar esta investigación con ensayos de resistencia a la flexión y a la adherencia por cizalle en prismas de albañilería.
- Complementar esta investigación con los ensayos en muretes de albañilería.
- Mapear y caracterizar las canteras de agregado de la provincia de Puno, diferenciado y orientado para la fabricación de mortero.
- Desarrollar investigaciones aplicando estudios de costos y rendimientos en la extracción, desarrollo de ensayos y utilización de agregados para la preparación de morteros.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arapa, P., & Mamani, W. (2018). *Evaluación de la calidad de los agregados de cuatro canteras aledañas a la ciudad de Juliaca y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/9911>
- Arce, W., & Yañez, R. (2013). *Calidad del agregado de la cantera del río guayacondo, distrito de Tambillo - Huamanga - Ayacucho, con fines de elaboración de concreto* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/229>
- Arias, F. (2018). *Estudio de las características elastico resistentes de la albañilería con proposito estructural en la ciudad de Huaraz en el 2016* [Tesis de maestria, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2094>
- Astroza, M., & Muñoz, M. (2008). Estudio sobre la resistencia de adherencia de la albañilería en Chile. *Universidad de Chile*, 9.
- Azevedo, A., Delgado, J. Q., Guimarães, A., Silva, F. A., & Oliveira, R. (2019). Compression behaviour of clay bricks prisms, wallets and walls - Coating influence. *Revista de la construcción*, 18(1), 123-133. <https://dx.doi.org/10.7764/rdlc.18.1.123>
- Bartolomé, Á. S., Quiun, D., & Silva, W. (2018). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Fondo Editorial PUCP.



- Bonilla, D. (2011). *Factores de corrección de la resistencia en compresión de prismas de albañilería por efectos de esbeltez* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/147513>
- Cabrera, C. (2018). *Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio institucional. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/546>
- Cardenas, L., & Baca, E. (2016). *Evaluación de la incidencia de la calidad del mortero preparado con arena de canteras locales en la resistencia de la albañilería en la ciudad de chachapoyas* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/2744>
- Ccama, E. (2021). *Evaluación y comparación de la resistencia y características del ladrillo artesanal semimecanizado y mecanizado para muros y techos en la ciudad de puno* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15280>
- Cieza, J. (2021). *Evaluación de las propiedades físico-químicas del agregado fino de las principales canteras del distrito de Conchán para la elaboración de concreto* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/174>
- Colque, C. (2021). *Mejora de la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla para viviendas autoconstruidas del distrito de puno* [Tesis de pre grado,



Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional.  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16578>

Norma E.070. (2017). *Albañilería*. Normas Legales Decreto Supremo N° 006-2014-VIVIENDA. Ministerio de Vivienda, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Diario oficial “El Peruano”, martes 13 de mayo de 2014. Lima, Perú.

Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Gómez, E. (2018). *Estudio del efecto de la trabajabilidad del mortero seco en las propiedades del muro de albañilería* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional.  
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/14774>

Gutiérrez de López, L. (2003). *El Concreto y Otros Materiales Para la Construcción*. Universidad Nacional de Colombia.

Guzmán, A., Zambrano, M., & Mayra, Z. (2014). *Análisis de calidad físico y mecánico de los agregados pétreos para concreto, de los principales bancos de materiales de la Zona Oriental de El Salvador* [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. Repositorio institucional. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6274/>

Hernández, J., Orozco, Á., Almanza, D., & Ramírez, J. (2018). Relación entre resistencia a compresión en cilindros de concreto y los rebotes con esclerómetro digital. *Ingeniare*(22), 59-68. <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.22.1342>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6a ed.). McGRAW-HILL.



- Huamán, m. (2019). *Influencia de la aplicación del aditivo Super Chema curador en la resistencia a la compresión axial de la albañilería* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana los Andes]. Repositorio institucional. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1547>
- Huisa, L., & Salas, E. (2017). *Análisis comparativo de los coeficientes de corrección de la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, respecto de los coeficientes establecidos por la norma técnica E.070* [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/750>
- Leon, M., & Ramirez, F. (2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. *Revista ingeniería de construcción*, 25(2), 215-240. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732010000200003>
- Lipa, A. (2016). *Efectos de los agregados naturales en la calidad de concreto con el uso de canteras de cutimbo y viluyo en la provincia de Puno 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12990/3099>
- Lipa Mamani, F. S. (2020). *Análisis comparativo de la calidad de los agregados naturales de las canteras Cutimbo y Santa María - Ilave para la elaboración de concreto en la ciudad de Puno-2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15729>
- Maldonado, C. (2013). *Estimación Analítica de la Resistencia al Corte de Muros de Albañilería Confinada Mediante Modelo de Puntal-Tensor. Modelo de Crisafulli*



*Modificado* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio institucional.

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/113431>

Medina, E., & Huarca, J. (2016). *Evaluación de las variaciones de resistencia a flexión por adherencia, compresión axial y diagonal en muros de albañilería asentados con morteros normalizados tipo P2 y NP según la norma E.070* [Tesis de Pregrado, Univesidad Andina del Cusco]. Repositorio institucional.

<https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/717>

Navas, A. (2007). Propiedades a compresión de la mampostería de bloques de concreto. *Ingeniería Revista de la Universidad de Costa Rica*, 17(2), 53-70.

NTP 400.022. (2021). INCAL-INDECOPI, NTP 400.022. "*Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*". Perú.

NTP 334.051. (2022). INCAL-INDECOPI, NTP 334.051. "*Determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado*". Perú.

NTP 339.185. (2021). INCAL-INDECOPI, NTP 339.185. "*Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*". Perú.

NTP 400.018. (2020). INCAL-INDECOPI, NTP 400.018. "*Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) por lavado*". Perú

Palomino, A. (2019). *Influencia del módulo de finura del agregado en las propiedades del mortero de cemento* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].

Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/18237>



- Pérez, D. (2014). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para el uso en el diseño de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  de la Cantera Santa Rosa - Jaén* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/518>
- Quispe, C., & Castillo, H. (2022). *Análisis de resistencia mecánica en albañilería con mortero incorporado de aditivo vs el mortero polimérico* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17866>
- Reyes, O., Camacho, J., & Londoño, A. (2013). Caracterización mecánica de mezclas asfálticas en función del origen y gradación del agregado pétreo. *Revista Científica General José María Córdova*, 11(12), 215-232. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1900-6586=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-6586=pt)
- Rivet, E., & Ritchie, T. (Julio de 1960). Influence of sand grading on mortar properties. *National Research Council Canada*, 1(1), 19. <https://doi.org/10.4224/20386643>
- Salinas, E., & Llanque, M. (2017). *Evaluación comparativa de la influencia de diferentes espesores de junta de mortero de tres diferentes calidades en muretes de albañilería sometidos a compresión diagonal, elaborados con ladrillo King Kong 18 huecos de la zona de San Jerónimo - Cusco* [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/1361>
- Sotta, J. (2010). *Análisis comparativo entre mortero de junta para albañilería fabricado en obra y mortero premezclado húmedo para albañilería* [Tesis de pregrado,





Universidad Austral de Chile]. Horizon information portal.

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcis718a/doc/bmfcis718a.pdf>

Vara, A. (2010). *¿Cómo hacer una tesis en ciencias empresariales? Manual breve para los tesisistas de administracion, negocios internacionales, recursos humanos y marketing.* (San Martín de Porres, Segunda ed).

Valbuena, S., Serna, M., & García, C. (2016). Evaluación de la resistencia a la compresión en morteros de pega de acuerdo con la dosificación establecida por el código Sismo Resistente Colombiano. Estudio de caso. *Tecnura*, 20(48), 101-113.  
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.2.a08>



## ANEXOS

- Anexo A: Panel Fotográfico
- Anexo B: Formatos de campo
- Anexo C: Certificado de Análisis Granulométrico - *Cutimbo*
- Anexo D: Certificado de Análisis Granulométrico – *Viluyo*
- Anexo E: Certificado de Pesos Unitarios – *Cutimbo*
- Anexo F: Certificado de Pesos Unitarios – *Viluyo*
- Anexo G: Certificado de Peso Específico y % de absorción - *Cutimbo*
- Anexo H: Certificado de Peso Específico y % de absorción - *Viluyo*
- Anexo I: Certificado de Contenido de Humedad - *Cuitmbo*
- Anexo J: Certificado de Contenido de Humedad - *Viluyo*
- Anexo K: Certificado de Contenido de Material más Fino - *Cutimbo*
- Anexo L: Certificado de Contenido de Material más Fino - *Viluyo*
- Anexo M: Certificado de Ensayo de compresión de Mortero – *Cutimbo* 1:5
- Anexo N: Certificado de Ensayo de compresión de Mortero – *Cutimbo* 1:4
- Anexo Ñ: Certificado de Ensayo de compresión de Mortero – *Viluyo* 1:5
- Anexo O: Certificado de Ensayo de compresión de Mortero – *Viluyo* 1:4
- Anexo P: Certificado de Ensayo de compresión de prismas de albañilería – *Cutimbo* 1:5
- Anexo Q: Certificado de Ensayo de compresión de prismas de albañilería – *Cutimbo* 1:4
- Anexo R: Certificado de Ensayo de compresión de prismas de albañilería – *Viluyo* 1:5
- Anexo S: Certificado de Ensayo de compresión de prismas de albañilería – *Viluyo* 1:4
- Anexo T: Certificado de Calibración de Equipos de Laboratorio



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Yahir Mijail Juli Gonzales  
identificado con DNI 71655635 en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería Civil  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

"Evaluación de la Influencia de la Calidad del Mortero en la Resistencia a la Compresión Axial de Prismas de Albañilería - Puno, 2023"  
" Es un tema original.

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

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

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

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

Puno 19 de septiembre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



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

Por el presente documento, Yo Yahir Miguel Juli Gonzales  
identificado con DNI 71655635 en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería Civil  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

"Evaluación de la Influencia de la Calidad del Mortero en la resistencia a la Compresión Axial de Prismas de Albarilería - Puno, 2023"

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 19 de septiembre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella