

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Influencia del cemento Portland IP, agregado fino, cal y suelo en  
las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería elaboradas  
artesanalmente en el distrito de Juliaca**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Nelson Mamani Mamani

**Asesor:**

Ing. Juana Beatriz Aquise Pari

**Juliaca, setiembre de 2024**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Juana Beatriz Aqise Pari, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“INFLUENCIA DEL CEMENTO PORTLAND IP, AGREGADO FINO, CAL Y SUELO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA ELABORADAS ARTESANALMENTE EN EL DISTRITO DE JULIACA”** del autor **Nelson Mamani Mamani** tiene un índice de similitud de 14% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 10 días del mes de octubre del año 2024



Ing. Juana Beatriz Aqise Pari

Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 13 día(s) del mes de setiembre del año 2024 siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del

(de la) presidente(a):

Mtro Leonel Chahuares Paucar el (la) secretario(a): Mg Arnoldo Lehui Galarza  
Yampara Eisona y los demás miembros: Ing Rina Luzmezi  
Alquisi Pari y el (la) asesor(a) Ing Juana Beatriz

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:  
Influencia del cemento Portland IP, agregado fino, cal y suelo en las propiedades mecánicas de la unidad de albanilería elaboradas artesanalmente en el distrito de Juliaca. del(los) bachiller(es): a) Nelson Mamani Mamani

b) .....  
 c) .....

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil  
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Nelson Mamani Mamani

| CALIFICACIÓN    | ESCALAS   |           |              | Mérito           |
|-----------------|-----------|-----------|--------------|------------------|
|                 | Vigesimal | Literal   | Cualitativa  |                  |
| <u>Aprobado</u> | <u>15</u> | <u>B-</u> | <u>Bueno</u> | <u>Muy Bueno</u> |

Bachiller (b): .....

| CALIFICACIÓN | ESCALAS   |         |             | Mérito |
|--------------|-----------|---------|-------------|--------|
|              | Vigesimal | Literal | Cualitativa |        |
|              |           |         |             |        |

Bachiller (c): .....

| CALIFICACIÓN | ESCALAS   |         |             | Mérito |
|--------------|-----------|---------|-------------|--------|
|              | Vigesimal | Literal | Cualitativa |        |
|              |           |         |             |        |

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]  
 Presidente/a  
[Firma]  
 Asesor/a  
[Firma]  
 Bachiller (a)

[Firma]  
 Miembro  
 Bachiller (b)

[Firma]  
 Secretario/a  
 Miembro  
 Bachiller (c)

## ÍNDICE GENERAL

|  |             |
|--|-------------|
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>  | <b>v</b>    |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>   | <b>vi</b>   |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>   | <b>vii</b>  |
| <b>RESUMEN .....</b>   | <b>viii</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>ix</b>   |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>10</b>   |
| <b>2. DESARROLLO .....</b>   | <b>11</b>   |
| 2.1. Estudios Descriptivos Sustanciales de los Materiales.....         | 11          |
| 2.2. Compatibilidad Teórica por Conglomeración de los Materiales ..... | 12          |
| 2.3. Control de Calidad: Factor de Compactación .....                  | 13          |
| 2.4. Propiedades Mecánicas de la Albañilería.....                      | 13          |
| <b>3. METODOLOGÍA .....</b>  | <b>14</b>   |
| <b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>                                  | <b>17</b>   |
| 4.1. Referente a la Compatibilidad Teórica por Conglomeración.....     | 17          |
| 4.2. Obtención de la Combinación Ideal de Materiales .....             | 21          |
| 4.3. Propiedades Mecánicas de la Unidad de Albañilería Artesanal.....  | 25          |
| 4.4. Evaluación de las Propiedades Mecánicas .....                     | 28          |
| <b>5. CONCLUSIONES .....</b>   | <b>29</b>   |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                | <b>31</b>   |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> <i>Caracterización y propiedades descriptivas.</i> .....  | 11 |
| <b>Tabla 2.</b> <i>Relaciones de compatibilidad entre los materiales en estudio</i> .....                               | 12 |
| <b>Tabla 3.</b> <i>Intervalos de confianza aplicable para suelos cohesivos.</i> .....                                   | 13 |
| <b>Tabla 4.</b> <i>Propiedades mecánicas de la unidad de albañilería.</i> .....   | 14 |
| <b>Tabla 5.</b> <i>Resultados de la prueba química de la cal apagada, calera de CP. de Collana.</i><br>.....            | 19 |
| <b>Tabla 6.</b> <i>Análisis físico - mecánico mediante el método de la pipeta de Robinson.</i> .....                    | 19 |
| <b>Tabla 7.</b> <i>Combinación de suelos de las canteras de Puntaka, Ilo Ilo y Yocará.</i> .....                        | 19 |
| <b>Tabla 8.</b> <i>Factores de compactación manual calculados según procedimientos<br/>normativos.</i> .....            | 20 |
| <b>Tabla 9.</b> <i>Ensamble de datos bajo el principio del DCA en análisis de varianza.</i> .....                       | 22 |
| <b>Tabla 10.</b> <i>Análisis de varianza mediante el ANOVA Unifactorial.</i> .....                                      | 23 |
| <b>Tabla 11.</b> <i>Extracto de los resultados obtenidos de la PRM.</i> .....   | 24 |
| <b>Tabla 12.</b> <i>Extracto de resultados por el método LSD, p-valor y elección de la<br/>combinación ideal.</i> ..... | 25 |
| <b>Tabla 13.</b> <i>Resumen estadístico del procesamiento de datos para la <math>f'_b</math>.</i> .....                 | 26 |
| <b>Tabla 14.</b> <i>Resumen de resultados de ensayos clasificatorios.</i> .....   | 28 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo del proceso del trabajo de la investigación. Fuente: los autores.....  | 17 |
| <b>Figura 2.</b> (a) Gradación del agregado de la cantera Coata, (b) granulometría por tamices. Fuente: los autores.....  | 18 |
| <b>Figura 3.</b> (a) Elaboración de dados, (b) Codificación y toma de datos, (c) rotura de especímenes cúbicos. Fuente: los autores. ....   | 21 |
| <b>Figura 4.</b> (a) Dispersión de resultados de resistencia por tipo de combinación, (b), El estadístico $F >$ valor crítico $F_o$ por lo que se rechaza la $H_o$ y se acepta la hipótesis alterna, y existe diferencias significativas. Fuente: los autores.....  | 23 |
| <b>Figura 5.</b> (a) Secado de especímenes elaborados, (b) rotura de unidades, (c) gráfico de ubicación del resultado promedio a los 21 de rotura. Fuente: los autores .....  | 26 |
| <b>Figura 6.</b> (a) (b) Ejecución del ensayo de resistencia en pilas prismáticas de albañilería ( $f'_m$ ), (c) Ubicación del valor promedio calculado de la $f'_m$ a los 14 días de rotura. ....  | 27 |
| <b>Figura 7.</b> (a) Elaboración de muretes de albañilería, (b) ejecución del ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes ( $v'_m$ ) - falla por tracción diagonal, Ubicación del valor promedio calculado de la $v'_m$ a los 14 días de rotura. .... | 27 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Anexo A.</b> <i>Evidencia de sumisión de la tesis.</i> .....                                     | 35 |
| <b>Anexo B.</b> <i>Copia de la resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis.</i> ..... | 36 |
| <b>Anexo C.</b> <i>Imágenes secuenciales de la ejecución del proyecto de tesis.</i> .....           | 37 |

# **Influencia del cemento Portland IP, agregado fino, cal y suelo en las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería elaboradas artesanalmente en el distrito de Juliaca**

## **RESUMEN**

En el distrito de Juliaca, las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería artesanal tipo sólido incumplen con la Norma Peruana E.070. Por ello, se propone demostrar y evaluar la influencia del cemento Portland IP, agregado fino, cal y suelo en las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería elaboradas artesanalmente. La metodología inicia realizando estudios descriptivos sustanciales de los materiales, seguidamente se efectuó distintos ensayos normalizados y se diseñó aleatoriamente 61 tipos mezclas moldeados en cubos de 50 mm de lado, posteriormente estos fueron sometidos a ensayos de rotura; los resultados conseguidos son tratados estadísticamente donde se selecciona la combinación ideal, con esta dosificación se elaboró unidades tecnificadas de 24x13x11cm con 08 alvéolos de 3cm de diámetro, se realizan ensayos de resistencia y se evaluó bajo la norma E.070. Se demuestra la compatibilidad teórica por conglomeración de materiales con intervención de la variable interviniente, y mediante el ANOVA Unifactorial se seleccionó la combinación ideal que comprende el 10% de cemento Portland IP, el 54.00% de agregado fino, el 2% de cal apagada, y el 34% del suelo ideal; además, del ensayo de  $f'_b$  se obtuvo un valor de 51.60 kg/cm<sup>2</sup> y excede el 3.2% frente al requisito normativo para un bloque portante tipo 1 (BP<sub>1</sub>), el resultado del ensayo de  $f'_m$  es de 33.17 kg/cm<sup>2</sup> y según evaluación se aproxima hacia la denominación King Kong artesanal, el ensayo de  $v'_m$  tiene un resultado de 8.88 kg/cm<sup>2</sup> y representa el 3.30% de incremento respecto al valor del BP<sub>1</sub>.

**Palabras clave:** *agregado fino, cal, cemento, suelo, propiedades mecánicas, unidad de albañilería artesanal.*

---

<sup>1</sup>Nelson Mamani Mamani. Bachiller en Ingeniería Civil. Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Perú. Correo: ic.nel.upeu@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6479-0465>

<sup>2</sup>Juana Beatriz, Aquise Pari. Ingeniero Civil, asesor de la Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Perú. Correo: beatrizaquise@upeu.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8173-5727>

# **Influence of Portland IP cement, fine aggregate, lime and soil on the mechanical properties of handmade masonry units in the district of Juliaca**

## **ABSTRACT**

In the district of Juliaca, the mechanical properties of the handmade solid masonry unit do not comply with the Peruvian Standard E.070. Therefore, it is proposed to demonstrate and evaluate the influence of Portland IP cement, fine aggregate, lime and soil on the mechanical properties of the handmade masonry unit. The methodology starts by carrying out substantial descriptive studies of the materials, then different standardized tests were carried out and 61 types of mixtures molded in cubes of 50 mm of side were randomly designed, later these were subjected to breakage tests; the results obtained are treated statistically where the ideal combination is selected, with this dosage was elaborated technified units of 24x13x11cm with 08 cavities of 3cm in diameter were elaborated, resistance tests were carried out and were evaluated under the E.070 standard. The theoretical compatibility is demonstrated by conglomeration with intervention of the intervening variable, and by means of the Unifactorial ANOVA, the ideal combination comprising 10% of Portland IP cement, 54.00% of fine aggregate, 2% of slaked lime, and 34% of the ideal soil was selected; in addition, from the  $f'_b$  test a value of 51.60 kg/cm<sup>2</sup> and exceeds 3.2% of the normative requirement for a bearing type block (BP1), the result of the  $f'_m$  test is 33.17 kg/cm<sup>2</sup> and according to evaluation is close to the artisan King Kong designation, the  $v'_m$  test has a result of 8.88 kg/cm<sup>2</sup> and represents a 3.30% increase with respect to the BP1 value.

**Keywords:** *fine aggregate, lime, cement, soil, mechanical properties, artisan masonry unit.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de materiales de la construcción, la unidad de albañilería es un material intrínseco de la mampostería confinada y armada, se trata de un elemento básico de múltiples aplicaciones dentro del sistema constructivo de la albañilería [1]. En varios países de Latinoamérica y el mundo, su producción está asociado al sector industrial y artesanal, en consecuencia es evidente notar la amplia variabilidad de unidades caracterizadas de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas [2]; y desde un marco de normalización técnica, se pueden clasificar según sus dimensiones (ladrillos/bloques), según su materia prima (arcilla/sílice-cal/concreto), por sus alvéolos (sólidas/huecas/tubulares) y por su función estructural (uso portante/no portante) [3]; así pues, se discierne la existencia de una amplia tipología de unidades de albañilería, por lo que la diferencia entre ellas se encuentra en su calidad y resistencia.

Según estudios descriptivos, en el Perú el 55.8% de las 10 millones 102 mil 849 viviendas se han edificado utilizando unidades de albañilería como el ladrillo artesanal o industrial y bloques de concreto [4]; en este sentido, uno de los principales problemas del país es el alto nivel de informalidad por la autoconstrucción de viviendas [5], cuyo origen se remonta desde el uso de unidades en estados deficientes hasta las malas prácticas constructivas que posteriormente ocasionan diversas patologías en este tipo de edificaciones [6]. Estas situaciones adversas también se presentan en la región de Puno y el distrito de Juliaca, donde la informalidad prevalece esencialmente en la fabricación artesanal de unidades de albañilería, y la consecuencia de ello es la creación de unidades carentes de propiedades importantes como la resistencia mecánica [7].

En base al contexto abordado, la investigación está orientada a mejorar las deficiencias presentadas en las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería artesanal tipo sólido que fueron estudiados por Pacco [8] a través de la invención ecológica de un espécimen artesanal combinando materiales procedentes de estados naturales y conglomerantes comerciables de fácil adquisición en el mercado de materiales de construcción, a efectos de contribuir en la disminución el índice de impacto negativo que genera la actividad ladrillera artesanal sobre el medio ambiente, ya que según estudios [9] se ha evidenciado la existencia de un gran problema sobre la contaminación del aire por la emisión de gases tóxicos conocidos como el humo y que afectan a la población del distrito de Juliaca.

Para contribuir en la solución del problema identificado mediante la tecnificación ecológica de la unidad de albañilería, la investigación tiene por objetivo determinar la influencia del cemento Portland IP, agregado fino, cal y suelo en sus propiedades mecánicas; para ello se ha realizado determinados estudios descriptivos del cemento portland IP, agregado fino, cal y suelo con la finalidad de recopilar información acerca de sus características o propiedades y demostrar la compatibilidad teórica por conglomeración entre ellas; seguidamente, con la intervención de la variable interviniente (ensayos de rotura en dados cúbicos de 50 mm de lado) y el tratamiento estadístico se obtiene la combinación ideal que permite cuantificar adecuadamente las proporciones de los materiales estudiados para luego elaborar artesanalmente la unidad de albañilería, someter a ensayos de laboratorio y determinar sus propiedades mecánicas; finalmente se realiza una evaluación de los resultados obtenidos bajo los parámetros de la Norma Técnica E.070.

## 2. DESARROLLO

### 2.1. Estudios Descriptivos Sustanciales de los Materiales

Es indispensable conocer y especificar conceptos descriptivos sustanciales que contribuirán posteriormente en la demostración de la compatibilidad teórica por conglomeración de los materiales, por lo tanto, dichos conceptos se abordan como resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Caracterización y propiedades descriptivas.

| MATERIAL                   | PROPIEDADES Y/O CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS  |   |   |
|----------------------------|---|---|---|
|                            | FÍSICOS   | QUÍMICOS  | MECÁNICOS   |
| <b>Cemento Portland IP</b> | De uso general en construcciones donde requiere altas resistencias iniciales, resistencia al ataque de sulfatos, bajo calor de hidratación, reacciones químicas del agregado y ataques químicos de agentes externos [11].   | Pulverización del Clinker (caliza, arcilla, arena, hierro, yeso) y puzolana (escorias de alto horno, ceniza volante, humo de sílice, arcilla calcinada) que varían del 15% al 40% del peso total [10].  | Otorga a la mezcla propiedades resistentes a la acción del intemperismo, mayor impermeabilidad, alta resistencia inicial en ensayos de compresión y abrasión [11].  |
| <b>Agregado fino</b>       | Los agregados deben estar libres de impurezas como las materias orgánicas, óxidos de hierro, esquistos, arcillas y limos. Las propiedades físicas resaltantes son la granulometría, forma de las partículas, textura, densidad, porosidad y absorción y peso unitario [12]. | Determinados agregados presentan compuestos químicos agresivos que reaccionan perjudicialmente en el concreto, esto sucede cuando el agregado contiene minerales reactivos de sílice o carbonatos, a estos se conoce como reactividad álcali-sílice y álcali-carbonato [10] | Los agregados de río tienden a ser redondas, de textura lisa y son resistentes al desgaste por abrasión, y respecto a los agregados explotados en las canteras de cerro presentan formas irregulares, angulosas y no alcanzan las resistencias requeridas [13]. |

|              |   |  |   |
|--------------|---|--|---|
| <b>Cal</b>   | Es uno de conglomerantes de amplio uso en la estabilización de suelos, la industria química, fertilizantes agrícolas, en la construcción, la arquitectura y otras aplicaciones generales reguladas según el tipo de cal [14]. De acuerdo a la NTP 334.125 [16] una propiedad física es la retención del 25% como máximo en el tamiz N°200.                    | La cal se obtiene a partir del carbonato de calcio (extracción de roca caliza) que se calcina y da origen al óxido de calcio (asociado con el óxido de magnesio da lugar a la cal viva) y al ser hidratado con el H <sub>2</sub> O se produce el hidróxido de calcio (cal apagada o hidratada) [14]                  | La cal apagada artesanal otorga importantes propiedades a la mezcla en estado fresco y endurecido como la trabajabilidad, buena adherencia, flexibilidad en la mezcla y la impermeabilidad [44]. La norma referencial para el uso de la cal es la NTP 334.145 [15] y la NTP 334.125 [16]. |
| <b>Suelo</b> | La composición textural de un suelo cohesivo se caracteriza por las cantidades de arena, limo y arcilla, a la vez estas se subdividen en doce clases texturales siendo las características físicas como el color, la plasticidad o la carencia de esta, adhesividad, aspereza, manejabilidad y la cohesión la que define su empleabilidad o tratamiento [18]. | El suelo es una composición de materia orgánica, elementos biológicos y partículas minerales originadas por el intemperismo que desintegra distintos tipos de rocas y las convierte en fragmentos más pequeños [17]. Las propiedades químicas del suelo son el pH, conductividad eléctrica, sulfatos y cloruros [19] | Referente al análisis y determinación de la textura del suelo Herve [19] recomienda realizar mediante del método de la pipeta de Robinson. Las propiedades mecánicas del suelo son la capacidad de carga, consolidación y compresibilidad [17]  |

## 2.2. Compatibilidad Teórica por Conglomeración de los Materiales

Basándose en el concepto de la RAE [20] un conglomerante es el elemento que une las partículas de uno o varios materiales naturales o artificiales mediante transformaciones físico - químicas originadas al añadir el oxidano (H<sub>2</sub>O); de acuerdo a Muñoz [21] como elementos conglomerantes se tiene al cemento y cal. En la Tabla 2 se describe las relaciones de compatibilidad entre cada una de ellas.

**Tabla 2.** Relaciones de compatibilidad entre los materiales en estudio.

| RELACIÓN                     | COMPATIBILIDAD POR CONGLOMERACIÓN  | CONDICIONES TEÓRICAS   |
|------------------------------|--|--|
| <b>Suelo - Cemento</b>       | El uso del cemento para el tratamiento del suelo puede ser de cualquier tipo, el cemento Portland Tipo IP permite que la mezcla alcance mayores resistencias iniciales y normalmente es el más utilizado [23].   | La cantidad de cemento puede variar entre el 2 al 25% del peso de suelo, se procura que no pase del 15% por razones económicas [22]. Un suelo ideal para una combinación adecuada entre el suelo – cemento, debe tener el 55% al 75% de arena, del 0% al 28% de limo y del 15% al 18% de arcilla [23]. |
| <b>Suelo - Cal</b>           | Se basa en emplear la cal para modificar, controlar o atenuar el suelo con presencia de plasticidad, aumentar la resistencia, reducir el potencial de contracción e hinchamiento de los suelos cohesivos y disminuir la porosidad formando barreras impermeables [24]. | La norma CE.020 del RNE [25] recomienda la adición del 2 al 8% de cal en peso seco del suelo. Las propiedades de la cal para la estabilización de suelos deben cumplir con la NTP 334.125 [16].  |
| <b>Suelo - Cemento - Cal</b> | Esta relación tiene un enfoque vinculado a la producción de morteros [26]. Navas y Campos [27] analizan la influencia de la cal en morteros producidos para la pega de unidades de albañilería   | El artículo 6 de la norma técnica E.070 del RNE [25] especifica los componentes del mortero dando a conocer las características granulométricas del agregado fino (arena   |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | y concluyen mencionando que la cal mejora la trabajabilidad en la mezcla reteniendo el agua y mejorando la adherencia entre las partículas.   | gruesa), el tipo de cemento a emplear, las proporciones volumétricas de los materiales según el uso en muros de albañilería y recomendaciones referidas a la calidad del agua, mezcla y agregado.  |
| <b>Suelo - Agregado fino - Cal - Cemento</b> | Esta relación ha sido demostrada experimentalmente por Henneberg y Briceño [28] quienes efectuaron ensayos de laboratorio para diseñar y proponer la elaboración del barro aplicable en el relleno y empañetado de paredes de Bahareque en el estado de Zulia, Venezuela. | Según los autores, las dosificaciones finales fueron una mezcla en conjunto del suelo arcilloso, arena roja, cemento y cal, siendo para el relleno el 20.63% de arcilla, 69.37% de arena roja, 5% de cal y el 5% de cemento; y una dosificación para el empañetado con proporciones del 11.63% de arcilla, 73.37% de arena roja, 12% de cal y 3% de cemento [28] |

### 2.3. Control de Calidad: Factor de Compactación

El factor de compactación manual ( $f.c_m$ ) se determina aplicando energía de compresión a un suelo, agregado o material disgregado cuyo efecto radica en alterar la compresibilidad mejorando las propiedades como la estabilidad y soporte de cargas, reduciendo el esponjamiento y la contracción [29]. Pomalaza [30] señala que el  $f.c_m$  es la relación del peso volumétrico seco ( $\gamma_d$ ) y el peso volumétrico seco máximo ( $\gamma_{d\text{ máx.}}$ ) por 100; además define intervalos de confianza netamente para suelos cohesivos según se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Intervalos de confianza aplicable para suelos cohesivos.

| DESCRIPCIÓN          |   | SUCS | AASHTO | Intervalos de confianza ( $f.c_m$ ) |
|----------------------|---|------|--------|-------------------------------------|
| SUELOS DE GRANO FINO | Limos y arcillas (LL<50) baja y mediana plasticidad | ML   | A-4    | [0.86 - 0.92]                       |
|                      |   | CL   | A-7-5  | [0.87 - 0.94]                       |
|                      |   | OL   | A-7-5  | [0.91 - 0.98]                       |
|                      | Limos y arcillas (LL>50) alta plasticidad           | MH   | A-5    | [0.72 - 0.78]                       |
|                      |   | CH   | A-7-6  | [0.71 - 0.77]                       |
|                      |   | OH   | A-6    | [0.84 - 0.91]                       |

### 2.4. Propiedades Mecánicas de la Albañilería

Se determinan como un mecanismo de control de calidad; en la Tabla 4 se dan las definiciones.

**Tabla 4. Propiedades mecánicas de la unidad de albañilería.**

| PROPIEDAD MECÁNICA   | DESCRIPCIÓN   | PARÁMETRO NORMATIVO [35]      |                      |                   |      |
|--|---|-------------------------------|----------------------|-------------------|------|
|  |   | Materia prima                 | Denominación         | Unidad ( $f'_b$ ) |      |
| Mpa  | Kg/cm <sup>2</sup>  |                               |                      |                   |      |
| <b>Resistencia a la compresión axial de la unidad (<math>f'_b</math>)</b>            | La resistencia a la compresión en un espécimen de albañilería permite analizar las características de los materiales utilizados y verificar el control de calidad de la unidad [31]. Los valores conseguidos ayudan a comprender el comportamiento estructural de las unidades durante el diseño de la albañilería [2]. La NTP 399.604 [32] es aquella norma referencial para la ejecución de pruebas.  | Arcilla                       | King Kong artesanal  | 5.4               | 55   |
|  |   |                               | King Kong industrial | 14.2              | 145  |
|  |   |                               | Rejilla industrial   | 21.1              | 215  |
|  |   | Silice - cal                  | King Kong normal     | 15.7              | 160  |
|  |   |                               | Dédalo               | 14.2              | 145  |
|  |   |                               | Estándar o mecano P. | 14.2              | 145  |
|  |   | Concreto Bloque tipo portante |                      | 4.9               | 50   |
|  |   |                               |                      | 6.4               | 65   |
|  |   |                               |                      | 7.4               | 75   |
|  |   |                               |                      | 8.3               | 85   |
| <b>Resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería (<math>f'_m</math>)</b> | Los testigos serán preferiblemente tres y deben ser ensayadas en edades menores a los 28 días, pero no deben ser menores a los 14 días; la $f'_m$ se obtiene multiplicando por los factores de incrementos según la edad del espécimen; asimismo, la esbeltez y la altura mínima de las pilas no debe sobrepasar la relación alto y ancho igual a 5 y será superior a 2; también se debe considerar los factores de corrección por esbeltez [1]. Los ensayos se realizan bajo los procedimientos de la NTP 399.605 [33]                                     | Arcilla                       | King Kong artesanal  | 3.4               | 35   |
|  |   |                               | King Kong industrial | 6.4               | 65   |
|  |   |                               | Rejilla industrial   | 8.3               | 85   |
|  |   | Silice - cal                  | King Kong normal     | 10.8              | 110  |
|  |   |                               | Dédalo               | 9.3               | 95   |
|  |   |                               | Estándar o mecano P. | 10.8              | 110  |
|  |   | Concreto Bloque tipo portante |                      | 7.3               | 74   |
|  |   |                               |                      | 8.3               | 85   |
|  |   |                               |                      | 9.3               | 95   |
|  |   |                               |                      | 11.8              | 120  |
| <b>Resistencia a la compresión diagonal en muretes (<math>v'_m</math>)</b>           | Llamada también resistencia a la tracción diagonal, es un ensayo que se caracteriza por la semejanza respecto a la forma de falla en edificaciones de albañilería frente a las acciones sísmicas. En muchos experimentos los investigadores han empleado testigos dimensiones de 0.6 m y 0.8 m de lado. Las formas de falla en muretes generalmente son por corte o por tracción diagonal y la inexistencia de una adherencia óptima entre el mortero y la unidad de albañilería produce una por cizalle [2]. La NTP 399.621 [34] es la norma para ensayos. | Arcilla                       | King Kong artesanal  | 0.5               | 5.1  |
|  |   |                               | King Kong industrial | 0.8               | 8.1  |
|  |   |                               | Rejilla industrial   | 0.9               | 9.2  |
|  |   | Silice - cal                  | King Kong normal     | 1.0               | 9.7  |
|  |   |                               | Dédalo               | 1.0               | 9.7  |
|  |   |                               | Estándar o mecano P. | 0.9               | 9.2  |
|  |   | Concreto Bloque tipo portante |                      | 0.8               | 8.6  |
|  |   |                               |                      | 0.9               | 9.2  |
|  |   |                               |                      | 1.0               | 9.7  |
|  |   |                               |                      | 1.1               | 10.9 |

### 3. METODOLOGÍA

El estudio realizado está en base al tipo de investigación según su enfoque (mixto), según su lógica (inductivo - deductivo) y según su resultado (aplicada); el nivel de investigación es explicativo; y el diseño de investigación es experimental; la técnica de muestreo es no probabilístico por conveniencia. La metodología inicia seleccionando los materiales e insumos necesarios para la elaboración de la unidad de albañilería.

- El cemento Portland IP cumple con los requisitos de calidad de fabricación establecidos en la NTP 334.090 según consigna en la ficha técnica del producto [11].
- La arena gruesa es de origen natural procedente de la explotación en las riberas del río Coata específicamente en la cantera denominada Coata.
- La cal apagada artesanal es proveniente de las caleras ubicadas en el centro poblado de Collana, distrito de Cabana, provincia de San Román.

- Relativo al suelo, los productores del ladrillo artesanal del distrito de Juliaca mezclan empíricamente tres a cuatro tipos de suelos cohesivos para conseguir una mezcla óptima que al combinar con el agua producen el barro; se adquiere los suelos provenientes de las canteras denominadas Puntaka, Ilo y Yocará la ladrillera artesanal “Samillan” ubicada en la comunidad Central Esquen con dirección hacia la salida a Arequipa; por otro lado, el uso de los suelos aludidos son ratificados por Rodrigo [36] en su narración audiovisual (video).
- El molde para la fabricación de la unidad es denominado “EcoBrik” y fue diseñado tomando en cuenta las dimensiones de un ladrillo King Kong de 18 huecos (24x13x11 cm), también en el diseño se consideró la cantidad de 8 alveolos con un diámetro de 3.5 cm cada una; respecto al área bruta, la superficie del asiento tiene un área mayor al 70%.

Se realizan ensayos de laboratorio para determinar la granulometría del agregado fino de la cantera Coata, las características físico - químicas de la cal apagada, el análisis textural de los suelos arcillosos y su respectivo análisis granulométrico. También, en el ítem 2.3 se aborda uno de los criterios de control de calidad que influyen directamente en la densidad, durabilidad y resistencia de la unidad, y aunque no se realizó un estudio meticuloso, en la presente investigación se determina el  $f.c_m$  adaptando e implementando métodos manuales regidos bajo los procedimientos normalizados de la NTP 334.051 [37] con el propósito de crear valores propios a la dimensión volumétrica de 125 cm<sup>3</sup> y la NTP 400.017 [38] para calcular y ajustar los valores del  $f.c_m$  y aplicarlos en la estimación de proporciones de los materiales.

También, se debe tener en consideración la cantidad de agua a añadir en la mezcla, De la Fuente [22] refiere que la dosis de agua puede variar entre el 10 al 20% en peso seco de los materiales combinados y su función principal es hidratar y generar la aglutinación entre las partículas en este caso a la mezcla en conjunto del cemento, agregado fino, cal y suelo para que estas se lubriquen entre sí y facilite su compactación.

La intromisión de la variable interviniente tiene un rol muy importante en la operacionalización de las variables de estudio. Una vez recopilada la información de ensayos efectuados y haber realizado el análisis teórico de la relación entre cada uno de los materiales, se procede a demostrar experimentalmente la compatibilidad teórica por conglomeración a través de pruebas de resistencia a la compresión simple en dados cúbicos de 50 mm de lado teniendo como base de ensayo la NTP 334.051 [37]; este procedimiento permite verificar la estabilidad volumétrica

para distintas combinaciones porcentuales en peso de los materiales, también el ítem 3.1.1 de la norma E.070 exige el uso de unidades cuando se obtenga una adecuada resistencia y buena estabilidad volumétrica.

Las pruebas de resistencia a la compresión simple sobre los especímenes cúbicos se efectúan a los 7 días de curado en agua por inmersión. Referente al parámetro de control en la estabilización volumétrica, la sección 6.1.1.2 de la norma CE.020 del RNE [25] da una serie de recomendaciones para la estabilización con aditivos conglomerantes, además recomienda diseñar mezclas cuya resistencia a la compresión simple alcancen un valor mínimo de 1.76 MPa o 18 Kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de curado húmedo.

Haciendo uso del software Statgraphics Centurión V.16 se ejecuta la información de 21 tipos de combinación agrupados en subgrupos e internamente con dos o tres resultados de ensayos de resistencia a la compresión en dados cúbicos de 50 mm; el método estadístico aplicado es el ANOVA Unifactorial y sus técnicas de interpretación como el estadístico F de Fisher, prueba de rangos múltiples y método de la mínima diferencia significativa (LSD). La decisión final de la elección de la combinación ideal se basa en los principios del análisis e interpretación minuciosa de los valores resultantes del estadístico F y el valor de p.

De la explicación anterior, la elección de la combinación ideal permite cuantificar las proporciones del cemento Portland IP, agregado fino, cal y suelo. Se diseña una hoja de cálculo para facilitar la cuantificación de cantidades en peso por cada material basándose en los porcentajes de la combinación ideal, parámetros de la adición de los conglomerantes, dosificación del suelo ideal, valores de ajuste del factor de compactación manual, porcentajes de desperdicio, cantidad de agua, volumen del balde y el volumen de unidad de albañilería. Una vez fabricada las unidades se procede a evaluar sus propiedades bajo los parámetros de la Norma E.070. La Figura 1 representa el trabajo secuencial adecuado para la investigación.

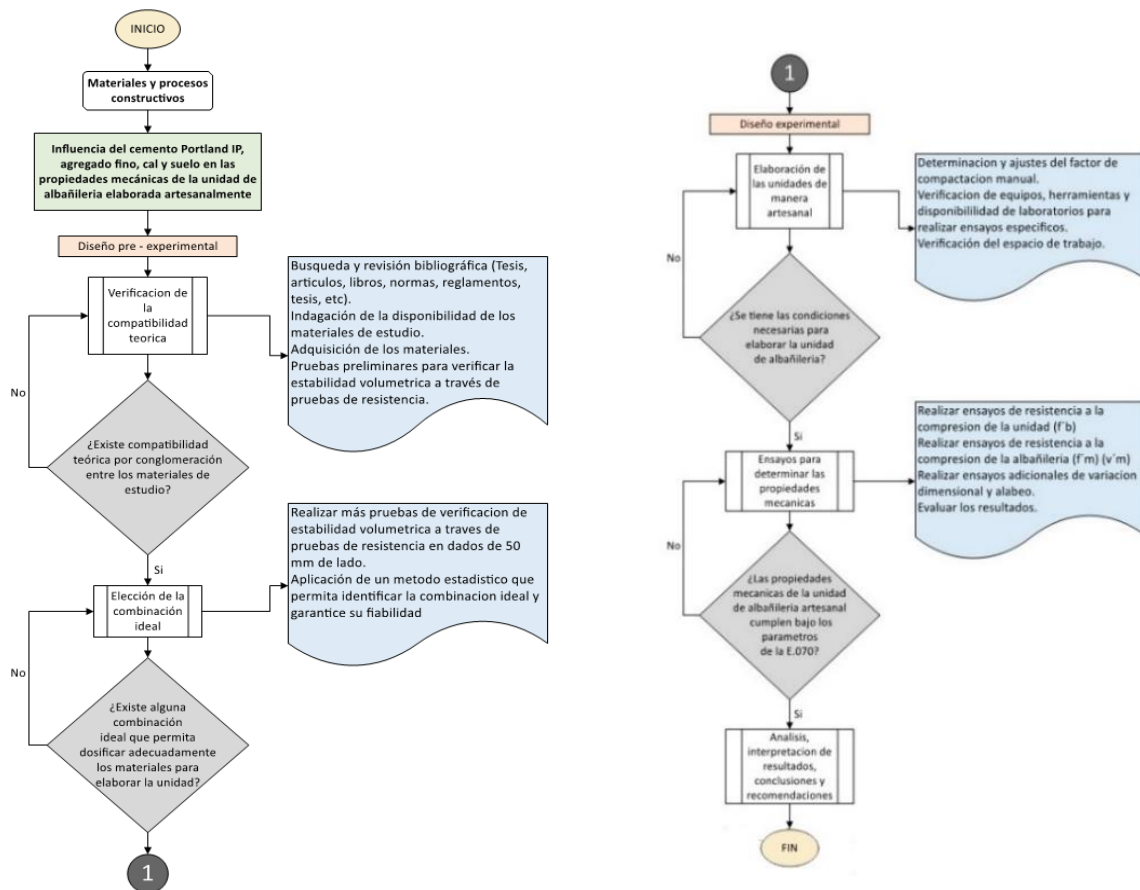


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso del trabajo de la investigación. Fuente: los autores

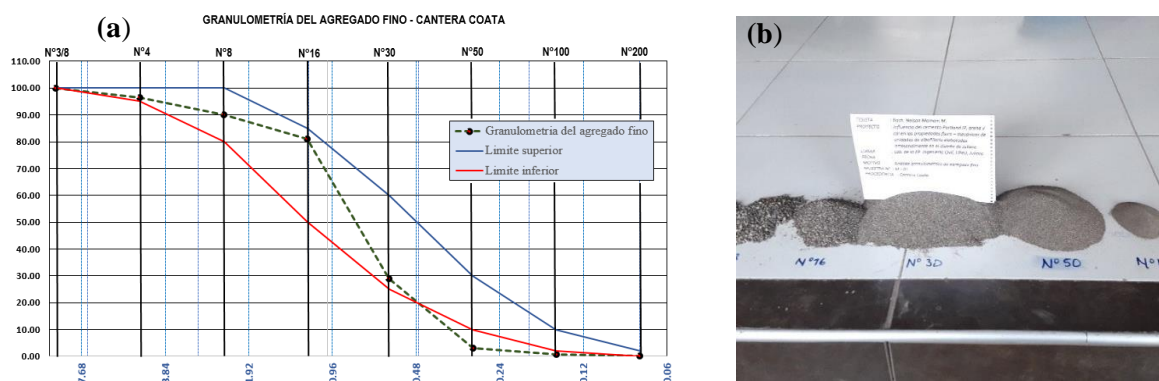
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Referente a la Compatibilidad Teórica por Conglomeración

#### a) Estudios Sustanciales de los Materiales

El cemento Portland IP-Rumi es un producto que reúne las características y propiedades requeridas para el uso en obras donde se aplique el concreto y esta necesite altas resistencias al ataque de sulfatos, bajo calor de hidratación, reacciones álcali - agregados y ataques químicos por la acción ácidos; también este tipo de cementos otorga a la mezcla propiedades resistentes a la acción del intemperismo, mayor impermeabilidad y alta resistencia a la compresión y abrasión. De acuerdo a la ficha técnica del cemento Portland IP - Rumi [11] la calidad de fabricación está en base a la NTP 334.090.

La gradación del agregado fino de la cantera Coata se encuentra aproximadamente dentro de los límites establecidos en la NTP 400.012 [43] así como se visualiza en la Figura 2(a); asimismo el módulo de fineza (MF) calculado es de 2.44, al respecto Komatka [10] indica que el MF para agregados finos varía del 2.30 hasta el 3.10, por ende el MF del agregado de la cantera de río de Coata se encuentran dentro de este parámetro. Sin generar modificaciones en la granulometría, se efectuó el empleo del agregado fino para la combinación con otros materiales en estudio.



**Figura 2.** (a) Gradación del agregado de la cantera Coata, (b) granulometría por tamices. Fuente: los autores

La cal apagada o hidratada es conocida químicamente como el hidróxido de calcio; la composición química referente a la cal apagada es la sumatoria del  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  más el  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  y la suma debe ser como mínimo el 90% para cales donde el uso sea para la estabilización de suelos, y el 95% para cales hidratadas de uso en la albañilería. La prueba química realizada en la cal apagada proveniente del Centro Poblado de Collana cumple con la norma NTP 334.125 [16] referida a la estabilización de suelos. No se realizó el ensayo químico para determinar el porcentaje de  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  debido al resultado del  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ya que es eminentemente superior a los parámetros de la norma. Respecto a la NTP 334.145 [15] “Cales hidratadas para albañilería” la sumatoria de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  deben ser como mínimo el 95%; el resultado químico de la cal proveniente del centro poblado de Collana no se adapta a estas condiciones, pero existen posibilidades de que este tipo de cal este dentro de las condiciones de la norma si se determina el hidróxido de magnesio.

**Tabla 5.** Resultados de la prueba química de la cal apagada, calera de CP. de Collana.

| PARÁMETROS QUÍMICOS            | UNIDAD | RESULTADOS | MÉTODOS      |
|--------------------------------|--------|------------|--------------|
| Óxido de calcio disponible     | %      | 68.99      | Gravimétrico |
| Hidróxido de calcio disponible | %      | 91.14      | Gravimétrico |

Referente a los suelos, se utiliza los suelos provenientes de las canteras denominadas Puntaka, Ilo y Yocará; se ha observado in situ que cada uno de ellos son distintos unos a otros, siendo diferentes en cuanto a sus características físicas como el color, la plasticidad, gradación y el peso unitario; simultáneamente se obtuvo información de los involucrados quienes han revelado el uso de ingredientes básicos conocidos como el suelo tipo greda, el suelo agrícola y arena fina natural e indican que son las únicas fuentes con las que cuentan para elaborar las unidades artesanales. Por consiguiente, se extrae muestras representativas para el respectivo análisis de laboratorio y se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 6.** Análisis físico - mecánico mediante el método de la pipeta de Robinson.

| CANTERA | CLAVE DE CAMPO   | ANÁLISIS POR MÉTODO DE LA PIPETA |        |           | CLASE TEXTURAL |
|---------|------------------|----------------------------------|--------|-----------|----------------|
|         |                  | % ARENA                          | % LIMO | % ARCILLA |                |
| Puntaka | Pardo oscuro     | 9.90                             | 33.60  | 56.50     | Arcilloso      |
| Ilo Ilo | Gris pardo claro | 8.20                             | 49.50  | 42.30     | Arcillo limoso |
| Yocará  | Amarillo débil   | 98.99                            | 0.51   | 0.50      | Arena muy fina |

Respecto a un suelo ideal, Toirac [23] señala que debe contener el 55% al 75% de arena, del 0% al 28% de limo y de 15% al 18% de arcilla; en tal sentido se hace un análisis de los resultados y posteriormente se experimenta mezclando los tres tipos de suelos en proporciones de 1.50 Kg de la cantera Puntaka, 1.50 Kg de la cantera Ilo Ilo y 2.00 Kg de la cantera de Yocará. El propósito de la mezcla es para obtener un suelo ideal que compatibilice en la relación suelo – cemento, en la Tabla 7 se muestran los resultados conseguidos de la mezcla de suelos.

**Tabla 7.** Combinación de suelos de las canteras de Puntaka, Ilo Ilo y Yocará.

| CANTERA               | CLAVE DE CAMPO | ANÁLISIS POR MÉTODO DE LA PIPETA |        |           | CLASE TEXTURAL |
|-----------------------|----------------|----------------------------------|--------|-----------|----------------|
|                       |                | % Arena                          | % Limo | % Arcilla |                |
| Combinación de suelos | -              | 50.50                            | 30.50  | 19.00     | Franco         |

## b) Criterios de Calidad: El Factor de Compactación Manual

Como trabajos adicionales, se realizó ensayos para determinar la clasificación de los suelos de Puntaka e Ilo Ilo, y de acuerdo a los resultados corresponden a tipos de suelo ML y CL respectivamente; además según la clasificación AASHTO equivalen a suelos A - 4 (Limos inorgánicos de baja plasticidad, arenas muy finas, arenas finas limosas o arcillosas, limos arcillosos) y A-7-5 (Arcillas inorgánicas de baja o mediana plasticidad, arcilla gravosa, arcillas arenosas, arcillas limosas).

Haciendo uso de la NTP 334.051 [37] se realizan pruebas en laboratorio para crear valores del  $f.c_m$  sobre una dimensión volumétrica de  $125 \text{ cm}^3$  y la NTP 400.017 [38] para aplicar procedimientos de ensayo y realizar ajustes en los valores del  $f.c_m$  por cada insumo. Una breve descripción observacional es respecto a los intervalos de confianza investigados por Pomalaza [30], la cantera de Puntaka se clasifica por un tipo de suelo ML y el  $f.c_m$  calculado es de 0.8987, al ubicar el valor en el intervalo de confianza [0.86-0.92] se observa que está dentro de los límites.

**Tabla 8.** Factores de compactación manual calculados según procedimientos normativos.

| TIPO DE MATERIAL                  | TIPO DE PESO                  | RESULTADO ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) | Fc. manual (Para datos de $125 \text{ cm}^3$ ) | RESULTADO ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | Fc. Manual (Ajuste del factor) | Intervalos de confianza *[30] |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Suelo de la cantera Puntaka       | $\gamma_d$<br>$\gamma_d$ máx. | 130.67<br>147.33                      | 0.8869   | 1,041.10<br>1,158.49                 | 0.8987                         | *[0.86-0.92]                  |
| Suelo de la cantera Ilo Ilo       | $\gamma_d$<br>$\gamma_d$ máx. | 130.67<br>159.33                      | 0.8201   | 1,081.96.<br>1,295.75.               | 0.8350                         | *[0.87-0.94]                  |
| Suelo de la cantera Yocará        | $\gamma_d$<br>$\gamma_d$ máx. | 165.67<br>182.67                      | 0.9069   | 1,282.38<br>1,469.23                 | 0.8728                         | *[0.86-0.92]                  |
| Agregado fino de la cantera Coata | $\gamma_d$<br>$\gamma_d$ máx. | 176.33<br>197.67                      | 0.8921   | 1,441.93<br>1,571.39                 | 0.9176                         | $f.c_m$ calculado             |
| Cemento Portland IP - Rumi        | $\gamma_d$<br>$\gamma_d$ máx. | 105.67<br>160.67                      | 0.6577   | 891.13<br>1,040.10                   | 0.8568                         | $f.c_m$ calculado             |
| Cal apagada                       | $\gamma_d$<br>$\gamma_d$ máx. | 62.67<br>93.33                        | 0.6714   | 530.86<br>618.69                     | 0.8580                         | $f.c_m$ calculado             |

## c) Estimación de la cantidad de agua para añadir en la mezcla.

La cantidad de agua se define evaluando la trabajabilidad de la mezcla, de tal manera que sea manejable, moldeable y tenga una consistencia semi seca. En ensayos experimentales

de laboratorio, se ha observado la variación en peso de las porciones de agua al agregar en distintas combinaciones siendo la variabilidad del 18 al 24%, esto es debido a la alteración de pesos ocasionados por el manejo porcentual de ingredientes conglomerantes y la condición húmeda o seca del material natural; por lo tanto, para mezclas donde se elabore dados cúbicos se utiliza el 19% de agua en peso total de materiales y en la cuantificación final para la elaboración de unidades albañilería se diseña en base al 18%.

#### 4.2. Obtención de la Combinación Ideal de Materiales

Luego de haber generado estudios sustanciales y el análisis teórico, se prosigue con la búsqueda de las porciones óptimas de los ingredientes, para ello se realizó pruebas preliminares que permitieron verificar y demostrar la compatibilidad teórica por conglomeración de los materiales con la intromisión de la variable interviniente. Kerlinger y Lee [39] señalan que son “constructos observables” es decir son proposiciones tomadas como base para un razonamiento o demostración teórica relacionadas al nivel explicativo, puede haber incluso manipulaciones experimentales que deben ser controladas adecuadamente de forma sistematizada y estructurada en un grupo experimental.

En ese sentido, se efectúa la estructuración de 21 conjuntos representados por distintas mezclas porcentuales de los materiales, seguidamente se realiza el diseño de hojas de cálculo que facilitan la dosificación de cantidades del cemento, agregado fino, cal y suelo ideal, se elaboran los especímenes de  $125\text{ cm}^3$  y se someten a ensayos de resistencia a la compresión simple.



**Figura 3.** (a) *Elaboración de dados*, (b) *Codificación y toma de datos*, (c) *rotura de especímenes cúbicos*. Fuente: los autores.

El recuento de la obtención de datos es de 61, simultáneamente estas se encuentran agrupadas en 21 tipos de combinación e internamente cuentan con dos o tres resultados de ensayos de resistencia a la compresión en dados cúbicos. Se realizan comparaciones de más de dos muestras (combinaciones) y se contrasta la hipótesis de que sus medias son iguales o distintas, además, para comprobar el efecto de la variable dependiente sobre una variable factor (variable única considerada como independiente) se emplea el método del ANOVA Unifactorial y sus técnicas de interpretación. Con el tratamiento estadístico se hizo múltiples comparaciones de medias de parejas centrándose en el análisis del estadístico F y los valores de p. Para Molina [40], Manterola y Pineda [41] el significado del valor-p está relacionada a la fiabilidad estadística que garantiza la validez, confianza y precisión en los resultados obtenidos que finalmente se resumen en la toma de decisiones, también dicha fiabilidad está en función a la obtención de datos inferiores al límite del nivel significancia del 0.05%.

Gutiérrez y De la Vera [42] recomiendan que al realizar experimentos para comparar muestras o poblaciones donde se asuma una hipótesis de igualdad de medias, los datos deben ser ensamblados convenientemente de acuerdo a los principios de un diseño completamente al azar (DCA), pues permite realizar corridas experimentales donde los datos muestrales son trabajados en orden aleatorio completo. La Tabla 9 muestra un resumen de ensamblaje de datos conseguidos del ensayo de resistencia a la compresión en dados cúbicos de 50 mm de lado.

**Tabla 9.** *Ensamble de datos bajo el principio del DCA en análisis de varianza.*

| <b>Resultados de los 21 tipos de combinación (Esfuerzo – kg/cm<sup>2</sup>)</b> |                               |                               |                               |       |                                |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------|
| Esfuerzo<br>(a <sub>1</sub> )   | Esfuerzo<br>(b <sub>2</sub> ) | Esfuerzo<br>(c <sub>3</sub> ) | Esfuerzo<br>(d <sub>4</sub> ) | ..... | Esfuerzo<br>(u <sub>21</sub> ) |
| 6.30  | 22.10                         | 35.30                         | 17.50                         | ..... | 50.00                          |
| 14.40   | 19.80                         | 31.60                         | 32.60                         | ..... | 63.10                          |
| 14.80   | 24.30                         | 30.90                         | 41.30                         | ..... | 54.40                          |

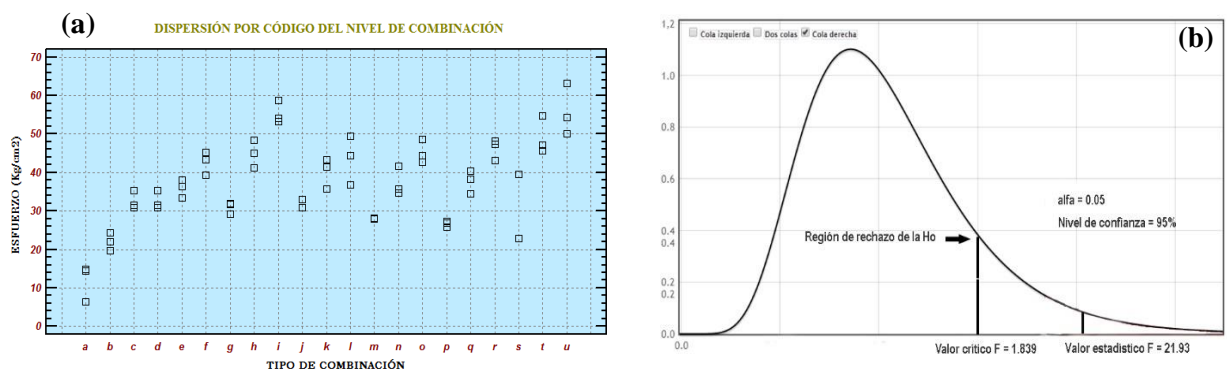
En la Tabla 10 se observa los resultados de la corrida de datos en el software estadístico Statgraphics. La razón o estadístico F es producto de la comparación de tratamientos con mediciones independientes entre ellas, al respecto Kerlinger y Lee [39] señalan que el estadístico F de Fisher-Snedecor permiten comparar la varianza entre dos a más muestras,

también este método propone una planeación estadística capaz de contrastar dos hipótesis; se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el estadístico  $F >$  valor crítico  $F_0$  o se acepta la  $H_0$  cuando estadístico  $F <$  valor crítico  $F_0$ . El resumen es  $F_{(0.05, k-1, n-k)} > F_0$  o viceversa, asimismo “k” es el número de niveles de tratamiento (21) y “n” es el número de observaciones (61). La Hipótesis alterna es la existencia de diferencias significativas entre los 21 tipos de combinación.

**Tabla 10.** Análisis de varianza mediante el ANOVA Unifactorial.

| FUENTE                                 | SUMA DE CUADRADOS | GL | CUADRADO MEDIO | RAZÓN-F | VALOR-P |
|--|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre combinaciones (SC <sub>i</sub> ) | 6826.46           | 20 | 341.323        | 21.93   | 0.0000  |
| Intra combinaciones (SC <sub>i</sub> ) | 622.705           | 40 | 15.5676        |         |         |
| Total (Corregido)                      | 7449.17           | 60 |                |         |         |

El valor crítico de  $F_0$  se obtiene de una tabla propuesta por Gutiérrez y De la Vera [42] cuyos valores están en función al grado de libertad en el numerador (entre combinaciones) y denominador (intra combinaciones) y con un nivel de significancia al 5% y 95% de confiabilidad. El valor crítico de  $F_0$  calculado es 1.839, al realizar una comparación se deduce que el estadístico  $F$  es mayor al valor crítico de  $F_0$  por lo tanto en los 21 tipos de combinación existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de cada combinación que tienen como variable factor los resultados del esfuerzo producido en los dados cúbicos.



**Figura 4.** (a) *Dispersión de resultados de resistencia por tipo de combinación*, (b), *El estadístico  $F >$  valor crítico  $F_0$  por lo que se rechaza la  $H_0$  y se acepta la hipótesis alterna, y existe diferencias significativas.* Fuente: los autores

Con el estadístico F de Fisher del ANOVA Unifactorial se ha determinado la existencia de diferencias significativas entre las medias de las 21 combinaciones, ahora se debe identificar de manera detallada en qué tipo de combinación se dio la diferencia. La Prueba de Rangos Múltiples (PMR) cuyo resumen de resultados se encuentra en la Tabla 11 permite realizar la comparación de las medias por cada par de combinación; de la corrida de datos en el software Statgraphics se obtiene una tabla con 141 pares de contraste, lo cual el asterisco ubicado en la fila de la significación señala que estos manifiestan diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95% de confianza y un riesgo del 5% al mencionar que cada comparación de medias es significativamente distinto; en aquellas comparaciones donde no existe un registro de marca de significación hacen entender que albergan probabilidades de ser iguales.

**Tabla 11.** Extracto de los resultados obtenidos de la PRM.

| CONTRASTE | SIGNIFICACIÓN | DIFERENCIA |
|-----------|---------------|------------|
| .....     | .....         | .....      |
| b - k     | *             | -18.167    |
| b - m     |               | -5.983     |
| b - n     | *             | -15.267    |
| .....     | .....         | .....      |

Al haber probabilidades de igualdad entre cada par de combinaciones y aceptar que al menos un par de medias de combinaciones (método de ensamble) son distintas entre sí, el método de la mínima diferencia significativa (LSD) de Fisher se emplea para concretar la elección de la combinación ideal en virtud al rechazo de la hipótesis nula realizada anteriormente con el estadístico F. Para Gutiérrez y De la Vera [42] el objetivo de este método complementario es realizar comparaciones específicas entre dos medias muestrales declarando como significativas cuando hay pequeñas diferencias. De la corrida de datos en el software se obtiene los valores consignados en la Tabla 8, la sigma es un índice numérico promedio individual (desviación estándar) que indica el nivel de dispersión de datos con respecto a la media y el f-ratio es la estadístico F calculado.

**Tabla 12.** Extracto de resultados por el método LSD, p-valor y elección de la combinación ideal.

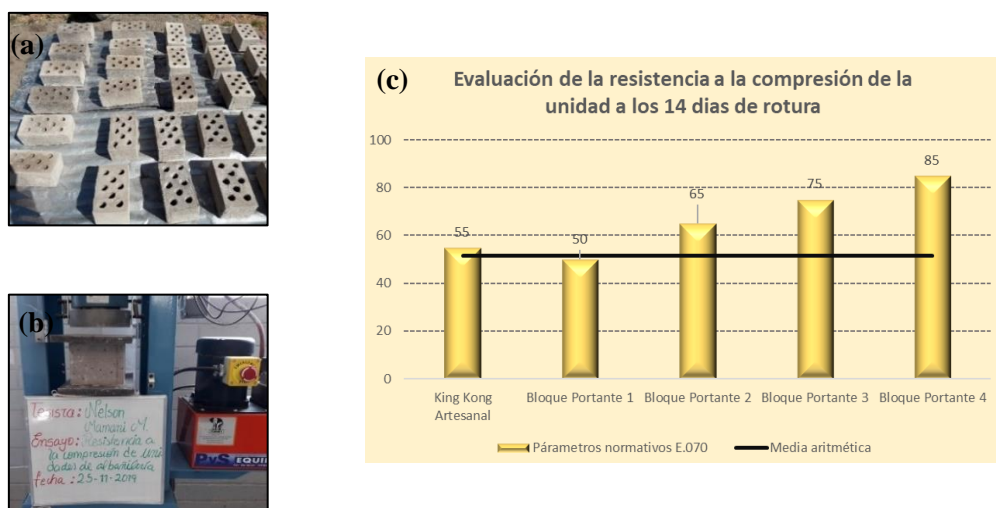
| COMPARACIÓN  | SIGMA 1      | SIGMA 2       | F-RATIO      | P-VALOR      |
|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| .....        | .....        | .....         | .....        | .....        |
| f / m        | 3.012        | 0.071         | 1814         | 0.033        |
| <b>g / s</b> | <b>1.562</b> | <b>11.738</b> | <b>0.018</b> | <b>0.035</b> |
| h / m        | 3.504        | 0.071         | 2456         | 0.028        |
| .....        | .....        | .....         | .....        | .....        |

La elección de la combinación ideal se basa en los principios del análisis e interpretación minuciosa de los valores resultantes del estadístico F y el p-valor. Los valores de p seleccionados en la tabla anterior son menores al nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ ) e indican que existe una mayor fiabilidad de resultados en aquellos pares de combinación según [40] [41]. Se selecciona la combinación 07-g que comprende un porcentaje del 10% de cemento Portland IP, cal apagada en un 2.00%, el 54.00% de agregado fino y el suelo ideal en un 34.00%, en este último con porcentajes fraccionados de 10.2%, 10.2% y 13.6% que son equivalentes a los suelos provenientes de las canteras Puntaka, Ilo Ilo y Yocará respectivamente.

#### 4.3. Propiedades Mecánicas de la Unidad de Albañilería Artesanal

Se elaboró 250 unidades tecnificadas de albañilería tipo sólido teniendo en cuenta la concepción técnica - normativa estudiadas anteriormente. La selección de los especímenes para los ensayos de resistencia es por el muestreo no probabilístico por conveniencia, también las normas que se utilizan en esta sección definen las cantidades mínimas de muestra para los ensayos de clasificación para fines estructurales como la  $f'_b$ ,  $f'_m$  y  $v'_m$ .

El ensayo de la  $f'_b$  se realiza a los 7, 14 y 21 días y en cada fecha se sometió a rotura 12 especímenes, a los 21 días de rotura se obtiene una  $f'_b$  promedio de 51.62 kg/cm<sup>2</sup> y la norma E.070 indica que el mínimo requerido para clasificación de la unidad a tipo bloque sólido es de 50 kg/cm<sup>2</sup>. Respecto al coeficiente de variación ( $C_v$ ) que mide la dispersión de los resultados de la muestra en torno a su media aritmética, la norma E.070 precisa la aceptación del ensayo siempre en cuando no sobrepase el 40% para unidades producidas artesanalmente; por lo tanto, el  $C_v$  calculado para la  $f'_b$  a los 21 días de rotura es de 7.45%.

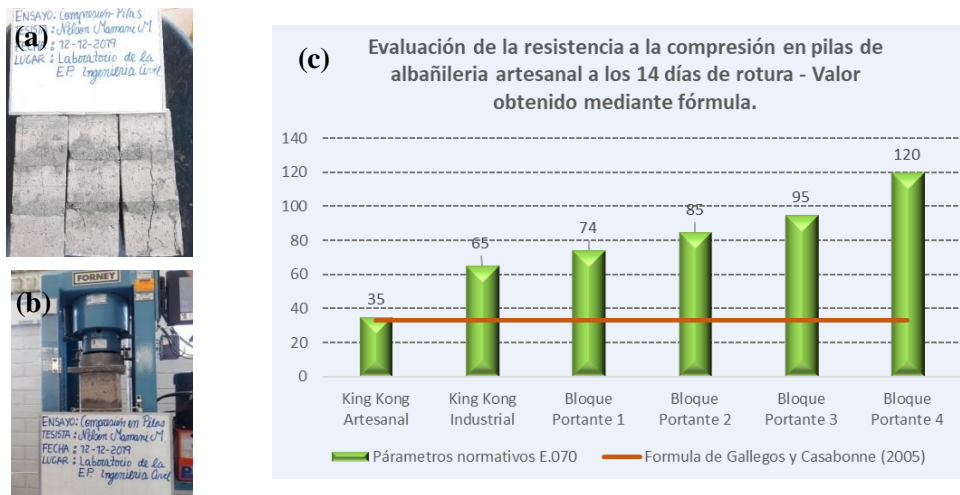


**Figura 5.** (a) Secado de especímenes elaborados, (b) rotura de unidades, (c) gráfico de ubicación del resultado promedio a los 21 de rotura. Fuente: los autores

**Tabla 13.** Resumen estadístico del procesamiento de datos para la  $f'_b$ .

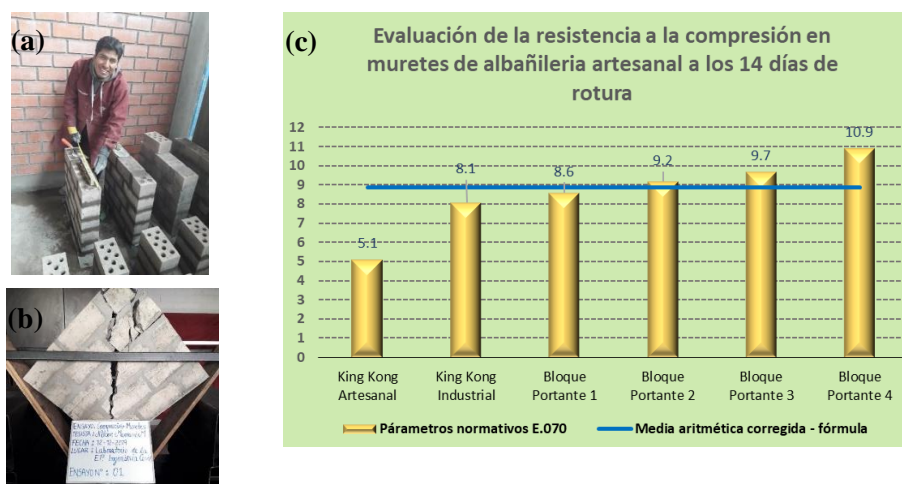
| Descripción                     | Simbología             | Resultados (7 días) | Resultados (14 días) | Resultados (21 días) | Parámetro E.070 | Unidad de medida     |
|---------------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|
| Número de muestras              | n                      | 12                  | 12                   | 12                   |                 | Und.                 |
| Sumatoria de promedios          | $\sum x$               | 350.78              | 567.81               | 619.44               |                 | Kg/cm <sup>2</sup> . |
| Media aritmética                | $\bar{x}$              | <b>29.23</b>        | <b>47.32</b>         | <b>51.62</b>         | <b>50</b>       | Kg/cm <sup>2</sup> . |
| $\sum$ desviaciones al cuadrado | $\sum (x - \bar{x})^2$ | 62.57               | 678.31               | 162.54               |                 | Kg/cm <sup>2</sup> . |
| Desviación estándar             | S                      | 2.38                | 7.85                 | 3.84                 |                 | Kg/cm <sup>2</sup> . |
| Coficiente de variación         | C.V                    | <b>8.16</b>         | <b>16.60</b>         | <b>7.45</b>          | <b>40%</b>      | %                    |

Para la determinación de la  $f'_m$  se elaboró 5 prismas de albañilería y estas fueron ensayadas a los 14 días; la obtención del resultado final está en función a la fórmula empírica propuesta por Gallegos y Casabonne [2] y el procedimiento de cálculo recomendado en la norma E.070, en ambos casos los valores resultantes varían en  $\pm 0.11$  kg/cm<sup>2</sup> pero no alcanzan la resistencia requerida por la norma; sin embargo al comparar la  $f'_m = 33.172$  kg/cm<sup>2</sup> con el valor normativo de un King Kong artesanal existe una mínima diferencia de 1.83 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que, la probabilidad de un incremento o una alteración de la  $f'_m$  a los 28 días de rotura (recomendación de la norma NTP 399.605) es circunstancial y posible. También, el tipo de falla en los prismas ensayados son ideales debido a que presentan agrietamientos verticales. Por otro lado, el  $C_v$  calculado para la  $f'_m$  a los 14 días de ensayo es de 24.83% y cumple con la normativa.



**Figura 6.** (a) (b) Ejecución del ensayo de resistencia en pilas prismáticas de albañilería ( $f'_m$ ), (c) Ubicación del valor promedio calculado de la  $f'_m$  a los 14 días de rotura.

En las pruebas de rotura para la determinación de la  $v'_m$  se utilizó 5 especímenes que fueron confeccionadas y ensayadas de acuerdo a la NTP 399.621 [34], asimismo las dimensiones del murete fueron de 60 cm de lado. Considerando los factores de corrección por la edad de ensayo se obtuvo un resultado promedio de 8.88 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días de someter a rotura; por lo tanto, al comparar el resultado calculado con el valor normativo para un bloque portante cumple con las disposiciones reglamentarias. El tipo de falla visualizado durante los ensayos evidencian que es una falla por tracción diagonal que se caracteriza por la presencia de grietas verticales.



**Figura 7.** (a) Elaboración de muretes de albañilería, (b) ejecución del ensayo de resistencia a la compresión diagonal en muretes ( $v'_m$ ) - falla por tracción diagonal, Ubicación del valor promedio calculado de la  $v'_m$  a los 14 días de rotura.

#### 4.4. Evaluación de las Propiedades Mecánicas

Se evalúa los datos obtenidos de los ensayos de resistencia bajo los parámetros de la norma técnica de edificación E.070. Adicionalmente se realizó ensayos de variación dimensional y pruebas de alabeo que también son requisitos para evaluar la unidad de albañilería tecnificada para fines estructurales, por ende, los resultados la variación dimensional y alabeo cumplen con los límites paramétricos formulados en el ítem 5.2 de la norma E.070. A continuación, se presenta en la Tabla 10 un resumen de evaluación de los resultados conseguidos.

**Tabla 14.** Resumen de resultados de ensayos clasificatorios.

| Ensayo para fines estructurales                                      | Parámetros normativos | Unidad de medida   | C.V   | Resultado de ensayo  | Evaluación según Norma E.070     |
|--|-----------------------|--------------------|-------|----------------------|----------------------------------|
| Resistencia a la compresión axial de la unidad ( $f'_b$ )            | 50.00                 | kg/cm <sup>2</sup> | 8.18  | 7 días = 29.27       | No cumple                        |
|  | 50.00                 | kg/cm <sup>2</sup> | 16.38 | 14 días = 47.34      | No cumple                        |
|  | 50.00                 | kg/cm <sup>2</sup> | 7.40  | 21 días = 51.60      | Cumple                           |
| Resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería ( $f'_m$ ) | 74.00                 | kg/cm <sup>2</sup> | 9.35  | Fórmula = 33.17      | Cumple como King Kong Artesanal) |
|  | 74.00                 | kg/cm <sup>2</sup> | 9.69  | E.070 = 33.06        | Cumple como King Kong Artesanal) |
| Resistencia a la compresión en muretes de albañilería ( $v'_m$ )     | 8.60                  | kg/cm <sup>2</sup> | 24.83 | 14 días = 8.88       | Cumple                           |
| Variación de la dimensión  | ± 4.00                | %                  | 0.16  | Longitud = 0.11      | Cumple                           |
|  | ± 3.00                | %                  | 0.27  | Ancho = -0.41        | Cumple                           |
|  | ± 2.00                | %                  | 0.78  | Alto = 0.31          | Cumple                           |
| Alabeo   | 4.00                  | mm                 | 35.06 | Conc. - Conv. = 1.19 | Cumple                           |

## 5. CONCLUSIONES

La influencia del cemento Portland IP, agregado fino, cal y suelo se reflejó en el incremento de las resistencias de la unidad ensayadas en prismas y muretes de albañilería, evidenciándose una mejora en las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería tipo sólido elaboradas artesanalmente.

Respecto a la caracterización y propiedades descriptivas del cemento Portland IP, agregado fino, cal apagada y suelo ideal, el primer material conglomerante es de uso general en las construcciones, y de acuerdo a su ficha técnica [11] el uso de este tipo de cemento puzolánico ha sido fundamental para controlar y estabilizar determinados constituyentes minerales, sílices y carbonatos presentes en los agregados y suelos utilizados, ya que no se ha generado ninguna expansión significativa ni presencia de eflorescencia en las unidades elaboradas artesanalmente. La granulometría del agregado fino de la cantera Coata se encuentra dentro de los límites máximos y mínimos establecidos en la NTP 400.012 [43] y se utilizó en su estado natural. El resultado de la composición química de la cal apagada artesanal indica que posee el 91.14% de hidróxido de calcio y cumple con el requisito establecido en la NTP 334.125 [16]. El suelo ideal se obtiene combinando empíricamente los suelos de la cantera de Puntaka, Ilo Ilo y Yocará, al efectuar el análisis físico - mecánico en la mezcla de suelos se determinó que presenta el 50.50% de arena, 30.50% de limo y el 19% de arcilla, estos resultados se aproximan a las recomendaciones teóricas propuestas por J. Toirac, asimismo según el triángulo textural de suelos de la USDA se clasifica como suelo franco.

Se ha comprobado que los factores de compactación manual calculados influyen en la cuantificación en peso seco de los materiales, obteniéndose para el cemento Portland IP un  $f.c_m$  igual a 0.8568, el agregado fino con un  $f.c_m$  de 0.9176, la cal apagada tiene un  $f.c_m$  de 0.8580 y los suelos de las canteras de Puntaka, Ilo Ilo y Yocará presentan factores de compactación manual iguales a 0.8987, 0.8350 y 0.8728 respectivamente. También se ha observado que al ejercer una determinada energía especificada en una condición suelta en cada material esta tiende a disminuir el porcentaje de vacíos y presenta una densificación más compacta por la cohesión entre sus fragmentos haciéndose más compacto y sólido, asimismo los factores de compactación manual que se determinaron

ayudaron en la conversión volumétrica para la estimación de cantidades finales de los ingredientes.

Se elaboró la unidad de albañilería ecológica tecnificada de tipo solido artesanal con la combinación ideal que comprende el 10% de cemento Portland IP, el 54.00% de agregado fino, el 2% de cal apagada, y el 34% del suelo ideal, y con esta dosificación se ha logrado incrementar en un 3.2% respecto a la resistencia requerida por la Norma Peruana E.070 para la propiedad mecánica denominada resistencia a la compresión axial de la unidad ( $f'_b$ ); asimismo el resultado promedio del ensayo de resistencia a la compresión en pilas (prismas) de albañilería ( $f'_m$ ) es de 33.17 kg/cm<sup>2</sup> y según evaluación se aproxima hacia la denominación King Kong artesanal; respecto al ensayo de resistencia a la compresión en muretes de albañilería ( $v'_m$ ) se obtiene un resultado promedio de 8.88 kg/cm<sup>2</sup> que representa el 3.30% de incremento frente al parámetro normativo para un bloque portante de tipo 1.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. San Bartolomé, D. Quiun y W. Silva, “Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería”, 2da Edición. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.
- [2] H. Gallegos, C. Casabonne, “Albañilería Estructural”, 3ra Edición. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.
- [3] J. Quinde, J. Jiménez, E. Ortega, “Revisión de normas de diseño para mampostería confinada en Latinoamérica: propuestas para la Norma Ecuatoriana de Construcción”, Revista Politécnica, vol. 51, no.1, pp. 77-92, 2023.  
<https://doi.org/10.33333/rp.vol51n1.07>
- [4] Agencia Peruana de Noticias Andina, “El 55.8% de las viviendas en el país son de ladrillo o bloques de cemento”, 2017. [Online]. Disponible en:  
<https://andina.pe/agencia/noticia-el-558-las-viviendas-el-pais-son-ladrillo-o-bloques-cemento-720718.aspx>
- [5] Revista Construir, “Ocho de cada 10 viviendas en el Perú es informal y vulnerable a sismos de gran intensidad”, 2021. [Online]. Disponible en:  
<https://construir.com.pe/ocho-de-cada-10-viviendas-en-el-peru-es-informal-y-vulnerable-a-sismos-de-gran-intensidad/>
- [6] C. Quiroga, “Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en la provincia de Sullana”, Tesis, Universidad Nacional de Piura, 2019.
- [7] R. Vizarrata, “Comparación de ladrillo artesanal en sus propiedades físico - mecánicas en el distrito de Juliaca – Puno”, Tesis, Universidad César Vallejo, 2022.
- [8] Y. Pacco, “Evaluación del comportamiento mecánico de unidades de albañilería de arcilla en muros portantes utilizados en la ciudad de Juliaca”, Tesis, Universidad Peruana Unión, 2019.
- [9] M. Calsin, “Determinación de los agentes contaminantes en la calidad ambiental del aire generados por la quema de las ladrilleras artesanales en la Comunidad de Esquen Tariachi - Juliaca”, Tesis, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2020.
- [10] S. Komatka, B. Kerkhoff, W. Panarese y J. Tanesi, “Diseño y control de mezclas de concreto”, 1ra Edición. Illinois, EE. UU: Portland Cement Association, PCA, 2004.

- [11] Catálogo 2022. V.1, Cemento Portland Puzolánico RUMI IP, YURA S.A. [Online]. Disponible en: <https://www.yura.com.pe/wp-content/uploads/ficha-tecnica-rumi-ip.pdf>
- [12] F. Rodriguez, “Caracterización de las propiedades físicas y químicas de los agregados finos y gruesos con mayor demanda en la ciudad de Tunja.”, Tesis, Universidad Santo Tomás, 2015.
- [13] L. Uriarte, E. Cieza, “Evaluación de concreto elaborado con agregados de canteras de río y de cerro de los Andes del norte de Perú”, Revista Ciencia Nor@ndina, vol. 4, no.2, pp. 4-13, 2021. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v4n2p4>
- [14] P. Viera, M. Acero, “Diseño de un mortero a partir de la caracterización de cal producida y comercializada por 5 proveedores en Ecuador”, Revista Digital Novasineria, vol. 5, no. 2, pp. 4-13, 2022. <https://doi.org/10.37135/ns.01.10.09>
- [15] NTP 334.145:2016. Dirección de Normalización - INACAL, “Norma Técnica Peruana. Cales hidratadas para la albañilería”. Lima, Perú, 2016.
- [16] NTP 334.125:2017. Dirección de Normalización - INACAL, “Norma Técnica Peruana. Cal viva y cal hidratada para la estabilización de suelos”. Lima, Perú, 2017.
- [17] B. Das, “Fundamentos de ingeniería geotécnica”, 4ta Edición. California, EE. UU: International Thomson Editores, S.A., 2001.
- [18] United States Department of Agriculture, USDA, Soil Survey Manual, Handbook no. 18, Soil Survey División Staff, Washington D.C.: EE. UU, 2017.
- [19] D. Herve, “Algunos métodos de investigación de suelos”, Informe nro. 53, La Paz, Bolivia: Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, 1996.
- [20] Real Academia Española. (2001), Diccionario de la lengua español (22.<sup>a</sup> ed.). Madrid, España. Consultado en: <https://www.rae.es/drae2001/>
- [21] M. Muñoz, Procesamiento de materiales conglomerantes: cal, yeso y cemento, Departamento de ingeniería química y nuclear, Universidad Politécnica de Valencia, España, 2020, pp. 1-10.
- [22] E. De la Fuente, “Suelo - Cemento, sus usos, propiedades y aplicaciones”, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, Cámara Nacional de la Industria Editorial, México, 2013, pp.1-85.

- [23] J. Toirac, “Suelo - Cemento como material de construcción”, Revista Ciencia y Sociedad, vol. 13, no. 4, pp. 520-571, Instituto Tecnológico de Santo Domingo, República Dominicana, 2008.
- [24] M. Angulo, C. Zavaleta, “Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos”, Tesis, Universidad Científica del Perú, 2020.
- [25] Reglamento Nacional de Edificaciones, RNE, “Norma Componentes Estructurales - CE.020”, Decreto Supremo N° 017-2012, Sencico, 2019.
- [26] A. Espitia, N. Torres, “Evaluación de la resistencia a compresión en morteros de cal, sometidos a diferentes condiciones de curado”, Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería, no. 112, pp. 89-98, 2018.
- [27] A. Navas, A. Campos, “Influencia de la Cal en el Mortero de Pega para Mampostería”, Revista Métodos y Materiales, vol. 8, <https://doi.org/10.15517/mym.v8i1.32892>
- [28] A. Henneberg, D. Briceño, “Ensayos a mezclas de barro estabilizadas para el relleno y empañetado de paredes de Bahareque”, Revista Ingeniería Investigación y Tecnología, vol. 17, no. 1, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40443470013>
- [29] A. Moscoso, W. Marcos, “Análisis de energía de compactación en conformación de bases para pavimento rígido urbano en el distrito de Challhuahuacho, Apurímac, 2022.
- [30] F. Pomalaza, “Determinación de los factores de volumen a través del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y American Association of State Highway Officials para generar una tabla de conversión volumétrica en movimiento de tierras, Huancayo”, Tesis, Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016.
- [31] P. Takeuchi, “Comportamiento de la mampostería estructural”, Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, 2010.
- [32] NTP 399.604:2002. Dirección de Normalización - INACAL, “Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”. Lima, Perú, 2002.
- [33] NTP 399.605:2013. Dirección de Normalización - INACAL “Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería”. Lima, Perú, 2013.

- [34] NTP 399.621:2004. Dirección de Normalización - INACAL, “Métodos de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería”. Lima, Perú, 2004.
- [35] Reglamento Nacional de Edificaciones, RNE, “Norma Estructural - E.070, Albañilería”. Lima, Perú, 2006.
- [36] N. Rodrigo, “Proceso de fabricación de ladrillo artesanal Juliaca”, video, 28 de mayo del 2016, [formato audiovisual]. Disponible en:  
<https://www.youtube.com/watch?v=CT3dvNaUacw>
- [37] NTP 334.051:2006. Dirección de Normalización - INACAL, “Norma Técnica Peruana. método de Ensayo para determinar la Resistencia a la Compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado”. Lima, Perú, 2006.
- [38] NTP 400.017:2011. Dirección de Normalización - INACAL, “Norma Técnica Peruana. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados”. Lima, Perú, 2011.
- [39] F. Kerlinger, H. Lee, “Investigación del comportamiento”, 4ta Edición, Editorial McGRaw-Hill. California, EE. UU: California State University, 2002.
- [40] M. Molina, “¿Qué significa realmente el valor de p?”, Rev Pediatr Aten Primaria, vol.19, no.16, pp. 377-81, 2017.
- [41] C. Manterola, V. Pineda “El valor de p y la significación estadística. Aspectos generales y su valor en la práctica clínica”, Revista Chilena de Cirugía, vol.60, no.1, pp.86-89, 2008. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-40262008000100018>
- [42] H. Gutiérrez, R. De la Vera, “Análisis y diseño de experimentos”, 2da Edición, Editorial McGRaw-Hill, México, 2002.
- [43] NTP 400.012:2001. Dirección de Normalización - INACAL, “Norma Técnica Peruana. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”. Lima, Perú, 2001.
- [44] R. Usedo, “Estudio y análisis de la utilización de la cal para el patrimonio arquitectónico.”, Tesis, Universidad Politécnica de Valencia, 2015.

# ANEXOS

## Anexo A. Evidencia de sumisión de la tesis.

### ENVÍO DE MANUSCRITO - ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Recibidos x



**Nelson MAMANI MAMANI**

14:31

Hola, buen día REVISTA GACETA TÉCNICA, hago llegar los saludos cordiales hacia ustedes desde la ciudad de Juliaca, Puno, Perú. Mi nombre es Nelson Mamani Mamani



**Gaceta Técnica**

para mí, gacetadic

14:48 (hace 3 horas) ☆

Buenas tardes estimado

Gracias por contactarnos, soy Luisa Casadei editora de la revista Gaceta Técnica, damos por recibido sus documentos con esto iniciamos el proceso editorial

Atentamente

> El ago 8, 2024, a la(s) 3:32 p.m., Nelson MAMANI MAMANI <[nelson.mamani.mamani2@gmail.com](mailto:nelson.mamani.mamani2@gmail.com)> escribió:

>

>

\*\*\*

> <Articulo Investigación 2024\_Revista Gaceta Técnica.docx>

> <Constancia de originalidad y autoria\_datos completos 2024.pdf>

← Responder

↶ Responder a todos

↷ Reenviar



**Anexo B. Copia de la resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis.**

**“AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL”**

**RESOLUCIÓN N° 1067-2022/UPeU-FIA-CF-T**

Lima, Ñaña 25 de octubre de 2022

**VISTO:**

El expediente de **Nelson Mamani Mamani**, identificado(a) con Código Universitario N° 201322704, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

**CONSIDERANDO:**

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Nelson Mamani Mamani**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Influencia del cemento Portland IP, agregado fino, cal y suelo en las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería elaboradas artesanalmente en el distrito de Juliaca" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 25 de octubre de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

**SE RESUELVE:**

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Influencia del cemento Portland IP, agregado fino, cal y suelo en las propiedades mecánicas de la unidad de albañilería elaboradas artesanalmente en el distrito de Juliaca**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a **Ing. Juana Beatriz Aquise Pari** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona y Mg. Arnaldo Cahui Galarza**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



  
Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
**DECANA**



  
Dr. Santiago Ramírez López  
**SECRETARIO ACADÉMICO**

cc:  
-Interesado  
Asesor  
Dirección General de Investigación  
Archivo

Anexo C. Imágenes secuenciales de la ejecución del proyecto de tesis.



01) Agregado fino de la cantera de Coata



02) Cemento Portland IP - Rumi



03) Cal de Obra "HADES"



04) Arena gruesa de la cantera de Unocolla



05) Cal apagada en sacos



06) Suelos de las canteras



07) Seccionado de piezas



08) Ubicación preliminar de perfiles



09) Vista de ensamble



10) Armado del molde EcoBrik



11) Pintado del molde



12) Determinación del peso



13) Muestras en laboratorio de la UNAP



14) Exposición de las muestras



15) Gradación de la cantera de Unocolla



16) Gradación de la cantera de Coata



17) Exposición de los tamices



18) Materiales aglomerantes



19) Traslado de materiales al laboratorio



20) Preparación de materiales



21) Ensayo de Peso Unitario - cal



22) Ensayo de peso unitario - suelo



23) Prueba para el  $F_{cm}$  - cal



24) Prueba para el  $F_{cm}$  - Suelo



25) Control de insumos



26) Combinación de materiales



27) Elaboración de dados cúbicos



28) Curado de especímenes



29) Secado de especímenes



30) Rotura de dados cúbicos



31) Disposición del agregado y suelo



32) Disposición de insumos



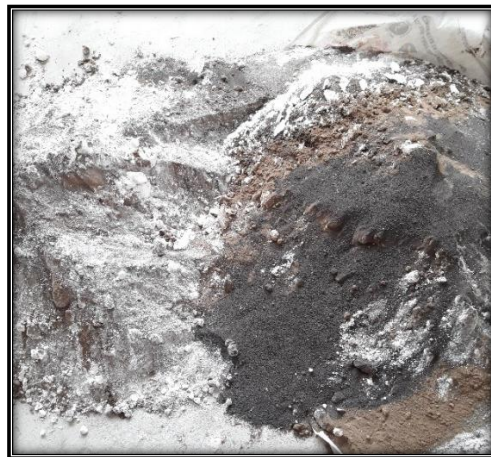
33) Control del peso según dosificación



34) Preparación antes del mezclado



35) Evidencia de la adición de cal



36) Evidencia de la combinación



37) Superficie acondicionada



38) Mezcla preparada



39) Mezcla sobre un banco de trabajo



40) Humedecimiento interno del molde



41) Elaboración de unidades



42) Curado de unidades



43) Ingredientes para el refrentado



44) Verificación de los insumos



45) Refrentado de las caras de la unidad



46) Unidades listas para la rotura



47) Ensayo de variación de dimensión



48) Toma de datos V. d



49) Verificación de insumos – Alabeo



50) Toma de datos – Alabeo



51) Elaboración de pilas y muretes



52) Muretes de 0.60 x 0.60 metros



57) Falla tipo escalonado



58) Buena adherencia mortero - unidad



55) Identificación del murete



56) Falla por tracción diagonal