

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

### **TESIS:**

**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE  
CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO  
FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN  
CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

Presentado por:

**ROCIO MARIBEL CAMPOS OCAS**

Asesor:

**Dr. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**

Cajamarca, Perú

2025



### **CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD**

1. Investigador:

Rocio Maribel Campos Ocas

DNI: 46949228

Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Ingeniería y Gerencia de la Construcción

2. Asesor(a): Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno

3. Grado académico o título profesional

- Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor

4. Tipo de Investigación:

- Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

"Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en diferentes porcentajes, en Cajamarca"

6. Fecha de evaluación: **28/12/2025**

7. Software antiplagio: **X TURNITIN**       URKUND (OURIGINAL) (\*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: **24%**

9. Código Documento: **3117:543390706**

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

**X APROBADO**       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **29/12/2025**

|  |  |
|--|--|
|  | <i>Firma y/o Sello<br/>Emisor Constancia</i> |
| <i>Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno<br/>DNI: 26733060</i> |  |

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

**COPYRIGHT © 2025 by  
ROCIO MARIBEL CAMPOS OCAS**  
Todos los derechos reservados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD  
ESCUELA DE POSGRADO  
CAJAMARCA - PERU  
PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las **11:00** horas, del día 25 de Junio de dos mil veinticinco, reunidos en el Aula **1Q-206** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS, M. CS. RONALD JESÚS SALAS BERROSPI, M. CS. JOSÉ LUIS MARCHENA ARAUJO**, y en calidad de Asesor el **DR. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la Tesis titulada **"PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA"**, presentada por el bachiller en Ingeniería Civil **ROCIO MARIBEL CAMPOS OCAS**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó **APROBAR** con la calificación de **17. (DIECISIETE) EXCELENTE** la mencionada Tesis; en tal virtud, el bachiller en Ingeniería Civil, **ROCIO MARIBEL CAMPOS OCAS**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **INGENIERÍA**, con mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Siendo las **12:00** horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....  
**Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno**  
Asesor

.....  
**Dr. Mauro Augusto Centurión Vargas**  
Jurado Evaluador

.....  
**M. Cs. Ronald Jesús Salas Berrospi**  
Jurado Evaluador

.....  
**M. Cs. José Luis Marchena Araujo**  
Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

A mis hijas Dafne, Lucía y Micaela por ser mi motivación para seguir avanzando en el camino de la vida.

A mi esposo Ronal por su apoyo y comprensión.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por todas sus bendiciones.

Al Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira, por su apoyo y su aporte como asesor en la presente investigación.

Al laboratorio externo Guersan Ingenieros SRL., por su apoyo en la realización de los ensayos para la presente investigación.

Cada pequeña cosa que haces realmente importa y ayuda a construir el mundo en el que  
quieres vivir.

-Wangari Maathai

## ÍNDICE GENERAL

|  |             |
|--|-------------|
| <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>   | <b>vi</b>   |
| <b>ÍNDICE GENERAL .....</b>  | <b>viii</b> |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>  | <b>x</b>    |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>  | <b>xi</b>   |
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS .....</b>                             | <b>xii</b>  |
| <b>RESUMEN.....</b>  | <b>xiii</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>xiv</b>  |
| <b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>1</b>    |
| 1.1.    Planteamiento del problema .....                                       | 1           |
| 1.1.1.    Contextualización .....  | 1           |
| 1.1.2.    Descripción del problema .....                                       | 2           |
| 1.1.3.    Formulación del problema .....                                       | 3           |
| 1.2.    Justificación e importancia .....                                      | 3           |
| 1.3.    Delimitación de la investigación .....                                 | 4           |
| 1.4.    Limitaciones.....  | 4           |
| 1.5.    Objetivos.....   | 4           |
| 1.5.1.    Objetivo general .....   | 4           |
| 1.5.2.    Objetivos específicos.....   | 4           |
| <b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....</b>   | <b>6</b>    |
| 2.1.    Antecedentes de la investigación .....                                 | 6           |
| 2.2.    Bases teóricas .....   | 8           |
| 2.3.    Definición de términos básicos.....                                    | 14          |
| <b>CAPÍTULO III PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES .....</b>            | <b>15</b>   |
| 3.1.    Hipótesis.....   | 15          |
| 3.2.    Variables.....   | 15          |
| 3.3.    Operacionalización de los componentes de la hipótesis .....            | 15          |
| <b>CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO .....</b>                                    | <b>17</b>   |
| 4.1.    Ubicación geográfica .....   | 17          |
| 4.2.    Diseño de la investigación .....                                       | 17          |
| 4.3.    Métodos de investigación .....   | 18          |
| 4.4.    Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación ..... | 18          |
| 4.5.    Técnicas e instrumentos de recopilación de información .....           | 20          |
| 4.6.    Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....      | 20          |
| 4.7.    Equipos, materiales, insumos, etc.....                                 | 21          |
| 4.8.    Matriz de consistencia metodológica .....                              | 22          |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>                    | <b>23</b> |
| 5.1.    Presentación de resultados.....                          | 23        |
| 5.1.1.    Variación dimensional .....                            | 23        |
| 5.1.2.    Alabeo.....  | 26        |
| 5.1.3.    Densidad.....  | 26        |
| 5.1.4.    Absorción .....  | 27        |
| 5.1.5.    Resistencia a compresión .....                         | 28        |
| 5.2.    Análisis, interpretación y discusión de resultados ..... | 29        |
| 5.2.1.    Variación dimensional .....                            | 29        |
| 5.2.2.    Alabeo.....  | 30        |
| 5.2.3.    Densidad.....  | 31        |
| 5.2.4.    Absorción .....  | 31        |
| 5.2.5.    Resistencia a compresión .....                         | 32        |
| 5.3.    Contrastación de hipótesis.....                          | 33        |
| 5.3.1.    Variación dimensional .....                            | 33        |
| 5.3.2.    Alabeo.....  | 33        |
| 5.3.3.    Densidad.....  | 33        |
| 5.3.4.    Absorción .....  | 33        |
| 5.3.5.    Resistencia a compresión .....                         | 34        |
| <b>CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>           | <b>35</b> |
| 6.1.    Conclusiones .....                                       | 35        |
| 6.2.    Recomendaciones .....                                    | 36        |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                           | <b>37</b> |
| <b>APÉNDICES.....</b>  | <b>39</b> |
| Apéndice I. Panel fotográfico.....                               | 39        |
| Apéndice II. Resultados de laboratorio .....                     | 42        |
| 2A. Propiedades físicas de los agregados .....                   | 42        |
| 2B. Diseño de mezclas .....                                      | 57        |
| 2C. Ensayos de ladrillos de concreto.....                        | 67        |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>81</b> |
| Anexo I. Constancia de laboratorio.....                          | 81        |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| TABLA 1 Requisitos de resistencial y absorción .....                                    | 12 |
| TABLA 2 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales .....                   | 12 |
| TABLA 3 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.... | 13 |
| TABLA 4 Matriz de operacionalización de variables.....                                  | 16 |
| TABLA 5 Diseño de la muestra .....  | 19 |
| TABLA 6 Matriz de consistencia metodológica.....  | 22 |
| TABLA 7 Muestra patrón (ladrillos de concreto) .....                                    | 23 |
| TABLA 8 Muestra con reemplazo del 5% (ladrillos de concreto) .....                      | 24 |
| TABLA 9 Muestra con reemplazo del 10% (ladrillos de concreto) .....                     | 24 |
| TABLA 10 Muestra con reemplazo del 15% (ladrillos de concreto) .....                    | 25 |
| TABLA 11 Muestra con reemplazo del 20% (ladrillos de concreto) .....                    | 25 |
| TABLA 12 Alabeo promedio de las muestras (ladrillos de concreto) .....                  | 26 |
| TABLA 13 Densidad de las muestras (ladrillos de concreto) .....                         | 26 |
| TABLA 14 Absorción de las muestras (ladrillos de concreto) .....                        | 27 |
| TABLA 15 Resistencia a compresión de las muestras (ladrillos de concreto).....          | 28 |

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1 Densidad alcanzada según porcentajes de reemplazo.....     | 27 |
| FIGURA 2 Absorción alcanzada según porcentajes de reemplazo .....   | 28 |
| FIGURA 3 Resistencia alcanzada según porcentajes de reemplazo ..... | 29 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS**

- NTP: Norma Técnica Peruana.
- mm: milímetros
- kg: kilogramo
- PAM: Pasivos Ambientales Mineros
- kN: kilo Newton
- RM: Resolución Ministerial
- UTM: Universal Transversal Mercator
- NT: Norma Técnica
- RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones
- Cm: centímetro
- g: gramo
- MPa: Megapascales
- m: metro
- mín.: mínimo
- máx.: máxima
- m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar

## RESUMEN

Las unidades de albañilería es uno de los materiales de construcción más utilizados en pequeñas y grandes construcciones; en el Perú una de las principales actividades económicas es la minería, la cual después de sus diferentes procesos genera relaves mineros, teniendo estos antecedentes surge como alternativa la reutilización de los relaves mineros en la elaboración de ladrillos de concreto. En la presente investigación se identificó un PAM (Pasivo Ambiental Minero), denominado “San Nicolas”, ubicado en la provincia de Hualgayoc, región Cajamarca, con coordenadas UTM E:760066.81m, N:9254569.26m, Altura: 3708m.s.n.m., del cual se obtuvo el relave minero para la elaboración de los ladrillos de concreto tipo IV, teniendo una muestra de 125 ladrillos de concreto, de los cuales 25 unidades se elaboraron con materiales convencionales y las otras 100 unidades en grupos de 25 unidades con reemplazos del 5%,10%,15% y 20% del agregado fino por relave minero, según corresponda. Se realizó una comparación de sus propiedades físicas y mecánicas de ambos grupos de ladrillos de concreto, teniendo como resultado que los ladrillos de concreto con reemplazos de relave minero por agregado fino cumplen con la norma NTP 399.601 UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Ladrillos de concreto. Requisitos y con la norma técnica E.070 ALBAÑILERIA del 2006, concluyendo que las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relve minero en diferentes porcentajes varia en un rango del 0.91% al 16.08% con respecto a las muestras patrón.

**Palabras clave:** Ladrillos, concreto, relave, propiedades, resistencia.

## ABSTRACT

Masonry units are one of the most widely used construction materials in small and large buildings. In Peru, one of the main economic activities is mining, which, through its various processes, generates mining tailings. Given this background, the reuse of mining tailings in the production of concrete bricks has emerged as an alternative. In this investigation, a PAM (Mining Environmental Liability) was identified, called "San Nicolas", located in the province of Hualgayoc, Cajamarca region, with UTM coordinates E: 760066.81m, N: 9254569.26m, Height: 3708m.a.s.l., from which the mining tailings were obtained for the production of type IV concrete bricks, having a sample of 125 concrete bricks, of which 25 units were made with conventional materials and the other 100 units in groups of 25 units with replacements of 5%, 10%, 15% and 20% of the fine aggregate by mining tailings, as appropriate. A comparison of their physical and mechanical properties was made of both groups of concrete bricks, resulting in that concrete bricks with mine tailings replacements by fine aggregate comply with the NTP 399.601 MASONRY UNITS standard. Concrete bricks. Requirements and with the technical standard E.070 MASONRY of 2006, concluding that the physical and mechanical properties of concrete bricks when replacing the fine aggregate with mining debris in different percentages varies in a range of 0.91% to 16.08% with respect to the standard samples.

**Keywords:** Bricks, concrete, tailings, properties, strength.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

##### 1.1.1. Contextualización

Uno de los materiales de construcción más antiguos es el ladrillo. Se trata de un material clásico que nunca pasa de moda debido a sus excepcionales cualidades estructurales y su adaptabilidad. No es de extrañar, entonces, que el ladrillo se posicione como uno de los sistemas constructivos más utilizados en el mundo; especialmente en Latinoamérica, donde su uso representa la identidad y cultura local. (Montjoy, 2022).

Los ladrillos son una parte fundamental tanto de los proyectos de construcción grandes como pequeños en nuestro país. La materia prima utilizada para realizarlos se encuentra escasa cada vez más, esto por el hecho de que es un recurso no renovable y los yacimientos existentes se encuentran en agotamiento. (Chuctaya, 2023)

La minería es una actividad económica importante en Perú, donde se extraen los principales minerales metálicos, como cobre, oro, plata, hierro y otros. Estos minerales, compuestos por diversos elementos y/o compuestos químicos, se producen mediante una serie de procedimientos o pasos que dependen del tipo de extracción y la ubicación de los minerales. Actualmente existen pocas alternativas en nuestro país para reutilizar, disminuir o confinar estos desechos. (Tejada & Loayza, 2017).

El objetivo del proyecto de ley N.<sup>o</sup> 3609/2022-CR, una ley que fomenta la conversión de residuos mineros en materiales de construcción, es convertir los residuos de la minería en productos que puedan utilizarse en la industria de la construcción, como ladrillos, tejas, baldosas y/u otros productos similares, según el artículo 2.

Los relaves mineros se pueden utilizar como insumo para la fabricación de unidades de albañilería que podría desarrollarse en las zonas aledañas a Pasivos Ambientales Mineros (PAM), estos pasivos son componentes mineros abandonados que pudieron ser originados producto de la exploración, explotación o refinería de materiales, estos componentes han sido abandonados y generan un problema ambiental. (Cárdenas, 2019).

### **1.1.2. Descripción del problema**

Debido a que los ladrillos de concreto funcionan bien para construir viviendas unifamiliares y multifamiliares, se utilizan con frecuencia en la construcción en Perú. En el sector de la construcción, los ladrillos de mampostería están disponibles en una amplia gama de tamaños, características, precios y calidades. La producción artesanal de ladrillo de concreto es común en el Perú, pero el problema surge cuando la producción de estos ladrillos no cuenta con los controles y estándares de calidad. (Cutipa, 2021)

Según la última actualización del inventario de Pasivos Ambientales Mineras mediante R.M. N°335-2022-MINEM/DM, Cajamarca es la segunda región con el mayor numero de pasivos ambientales mineros (PAM) a nivel nacional (después de Ancash); son 1183 pasivos ubicados en esta región y la gran mayoría se concentran precisamente en el distrito de Hualgayoc (1067 PAM). (Hildebrandt, 2019)

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, surge la necesidad de elaborar ladrillos de concreto reemplazando en su elaboración el agregado fino por relave minero procedente del pasivo ambiental minero San Nicolas, en diferentes porcentajes y evaluar sus propiedades físicas y mecánicas.

### **1.1.3. Formulación del problema**

¿En cuánto varia las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en diferentes porcentajes, en Cajamarca?

## **1.2. Justificación e importancia**

El objetivo de esta investigación es determinar las propiedades mecánicas y físicas de los ladrillos de concreto cuando se utilizan residuos mineros (relaves) en lugar de agregado fino durante la producción.

Esta investigación contribuye a una base con nuevos diseños de mezclas para la elaboración de ladrillos de concreto reemplazando en su elaboración el agregado fino por relave minero, buscando obtener propiedades similares a los diseños de ladrillos de concreto convencionales.

Teniendo en cuenta los antecedentes se conoce que las propiedades del cemento actúan como geo polímeros encapsulando los metales pesados del relave minero dentro del concreto, por tal motivo se puede realizar diseños de mezclas de concretos con relave minero y reutilizarlo en la elaboración de ladrillos de concreto.

### **1.3. Delimitación de la investigación**

La presente investigación ha determinado las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto, reemplazando en su elaboración el agregado fino por relave minero, el cual fue obtenido de un pasivo ambiental minero denominado “San Nicolas”, ubicado en la provincia de Hualgayoc, región de Cajamarca, con coordenadas UTM E: 760066.81m; N: 9254569.26m, Altura: 3708m.s.n.m.

Se realizó un diseño de mezclas de concreto para ladrillos tipo IV, de los cuales las propiedades físicas que se determinaron fueron la variación de dimensiones, alabeo, absorción y densidad; para las propiedades mecánicas se determinó la resistencia a compresión.

### **1.4. Limitaciones**

No se realizó el análisis químico ni radiactivo del relave minero.

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo general:**

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en diferentes porcentajes, en Cajamarca.

#### **1.5.2. Objetivos específicos:**

- Determinar las propiedades físicas de los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, en Cajamarca.

- Realizar una comparación de las propiedades físicas y mecánicas, entre los ladrillos de concreto con materiales convencionales y los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, en Cajamarca.

Evaluar la resistencia de los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, en Cajamarca.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **Ámbito internacional**

En el ámbito internacional, Lalangui, Méndez & Jimenez (2021) en su investigación “caracterización de relaves mineros para su aprovechamiento en la fabricación de materiales de construcción, Ecuador”, utilizaron relaves mineros como agregados de construcción en la fabricación de adoquines, los relaves analizados fueron provenientes de la concesión minera metálica “Campanillas”, situada en la provincia de Zamora Chinchipe, los porcentajes de sustitución fueron de 50% y 70% de arena por relave minero, los adoquines fueron sometidos a ensayos de resistencia y evaluación del potencial contaminante, concluyendo que los relaves mineros son aptos para ser utilizados como agregados, los resultados con el reemplazo del 50% fueron los más óptimos.

En este mismo ámbito, Lojano & Proaño (2022) en su investigación “Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de adoquines con relave minero generados en la planta de beneficio Campanillas para su uso en vías, Quito, Ecuador”, elaboró adoquines sin relave y con relave, luego realizó los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas según la norma INEN 3040; los adoquines con relaves fueron elaborados con porcentajes de 25% y 50% reemplazados como agregado fino, concluyendo que al elaborar adoquines con relave minero, estos reducen considerablemente sus propiedades físicas y mecánicas por lo tanto los resultados que obtuvo no cumplen con la norma INEN 3040.

## **Ámbito nacional**

En el ámbito nacional, Cárdenas (2019) en su investigación “Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería – caso ex unidad minera Mercedes 3”, fabricó unidades de albañilería tipo bloque de concreto estructural, realizando el diseño por dosificación de material, ensayo de materiales, pruebas de toxicidad del relave, ensayos a compresión de las unidades de albañilería, obteniendo resistencias de 75kg/cm<sup>2</sup> y 112kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que las resistencias obtenidas están dentro de los requerimientos de NTP 399.602 y en el último ensayo de lixiviación de metales confirmó que las propiedades del cemento actuaron como geo polímeros encapsulando los metales pesados.

En este mismo ámbito, Mercado & Reyna (2020) en su investigación “Influencia de los porcentajes de los relaves mineros en la resistencia a la compresión en bloques de concreto ensamblables, Trujillo 2019”, obtuvieron relaves mineros de la Minera Quiruvilca y junto con los agregados le realizaron los ensayos físicos, emplearon porcentajes de reemplazo en 46%, 48%, 50%, 52%, 54% y 56% del agregado fino.

Ensayaron especímenes de 4” de diámetro y 25” de altura, concluyendo que los resultados más óptimos se obtienen al reemplazo de 50% de relave minero por agregado fino, teniendo una resistencia de 151.41kg/cm<sup>2</sup>, utilizando este porcentaje del 50% para la fabricación de bloques de concreto ensamblables obtuvieron una resistencia promedio de 83.10kg/cm<sup>2</sup> de los bloques, demostrando que el reemplazo de agregado fino por relave minero influyó positivamente sobre la resistencia a la compresión del concreto.

En este mismo ámbito, Castillo & Sevillano (2022) en su investigación “Efecto de relave minero aurífero en las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto F’c=180Kg/cm<sup>2</sup>”, elaboraron ladrillos de concreto con reemplazos de

agregado en 25%, 50%, 75% y 100% por relave minero obtenido de Parcoy – Pataz – La Libertad, concluyendo que la variación dimensional, el alabeo y la absorción se controlan para que los ladrillos estén dentro de la norma E 070, en cuanto a las propiedades mecánicas con el reemplazo del 25%, los ladrillos mejoran su resistencia, en el resto de reemplazos los valores descienden en función al concreto patrón.

### **Ámbito local**

En este ámbito la investigación más reciente que se encontró es la siguiente:

En el ámbito local, Llique (2014) en su investigación “Comparación de la resistencia a compresión del concreto común y otro concreto usando relaves mineros en proporciones del 25% y 50% de la dosificación del agregado fino”, llegando a la conclusión que la resistencia a la compresión del concreto con 50% de relave minero es mayor que la del concreto con 25% de relave minero en un 6.86% para un diseño de 210kg/cm<sup>2</sup>, 2.18% para un diseño de 175kg/cm<sup>2</sup> y 6.04% para un diseño de 140kg/cm<sup>2</sup>.

## **2.2. Bases teóricas**

**Relaves:** se producen con frecuencia mediante el proceso de recuperación de metales y minerales. En general, consiste en un lodo líquido compuesto de agua y partículas finas de metales y minerales, se crea cuando el mineral extraído se tritura y se muele finamente en el proceso de molienda. (ICMM, 2020).

**Proceso del relave:** los residuos se generan durante el proceso de extracción y procesamiento de minerales. Para obtener el mineral necesario, primero hay que extraerlo del suelo, triturarlo y separarlo mediante flotación, que separa los minerales preciosos de otros materiales indeseables.

Para producir burbujas de aire, se vierten reactivos químicos sobre el mineral triturado durante el proceso de flotación. Las partículas minerales ricas flotan hasta la parte superior de una celda de flotación cuando estas burbujas se adhieren a ellas, mientras que los elementos indeseables se hunden y se desechan. Esto separa eficazmente los residuos del mineral útil. Este proceso genera grandes volúmenes de residuos conocidos como relaves. Los residuos no deseados, como rocas, tierra y restos del procesamiento del mineral conforman estos residuos. Por último, los residuos se almacenan de forma segura y regulada en lugares específicos, como presas o vertederos especiales. Por diversas razones, los residuos mineros se consideran un riesgo para el medio ambiente. En primer lugar, pueden contener sustancias tóxicas y contaminantes; si estos relaves se liberan al medio ambiente pueden contaminar el suelo, el agua y los ecosistemas circundantes, dañando la salud humana y la vida silvestre. (Palacios, 2024)

**Concreto:** La arena, la grava, la roca triturada u otros agregados combinados con cemento y agua para formar una masa rocosa se denominan concreto. La ductilidad, la durabilidad y el tiempo de fraguado del concreto pueden modificarse añadiendo uno o varios aditivos. Al igual que la mayoría de los materiales pétreos, el concreto tiene una alta resistencia a la compresión y una muy baja resistencia a la tensión. (Mc Cormac & Brown, 2017)

**Agregados:** son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos y con granulometrías adecuadas, se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cemento, cales, etc.) o con ligantes asfálticos. (Olarte Buleje, 2017).

**Agregado fino:** es lo que queda retenido en un tamiz n.<sup>o</sup> 200 después de pasar por un tamiz n.<sup>o</sup> 4. Para proporcionar la mejor aplicación técnica posible, los áridos finos deben cumplir requisitos específicos: deben estar compuestos por partículas duras, resistentes, limpias y duraderas, libres de recubrimientos de arcilla, productos químicos absorbidos y otros materiales finos que puedan interferir en la adherencia y la hidratación de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. (Olarte Buleje, 2017).

**Agregado grueso:** están compuestos por grava o una mezcla de grava y áridos triturados, y la mayoría de las partículas son mayores de 5 mm, oscilando normalmente entre 9,5 mm y 38 mm. Para una aplicación óptima en ingeniería, los áridos gruesos deben estar compuestos por partículas duras, resistentes, limpias y duraderas, sin recubrimientos de arcilla, productos químicos absorbidos y otros materiales finos que puedan interferir en la adherencia y la hidratación de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. (Olarte Buleje, 2017).

**Según el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.070,** se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano, los ladrillos y bloques fabricados con arcilla, caliza silícea u concreto son los elementos de albañilería mencionados en esta norma. Estos elementos pueden fabricarse de forma manual o industrial, y pueden ser macizos, huecos, celulares o tubulares.

Una vez que las unidades de mampostería de concreto hayan alcanzado la resistencia y la estabilidad volumétrica requeridas, se utilizarán. El plazo mínimo de uso para los dispositivos curados al agua es de 28 días.

**Ladrillo de concreto:** la norma NTP 399.601 define el ladrillo de concreto como una unidad de mampostería de proporciones modulares que se puede manipular con una sola mano, compuesta por cemento Portland, agua y áridos.

**Unidades de albañilería:** según la NTP 399.604 métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto, esta norma técnica peruana es aplicable al control de calidad de ladrillos de concreto y bloques huecos de concreto utilizados como unidades de mampostería estructurales y no estructurales.

#### **Clasificación de los ladrillos de concreto:**

- **Tipos:** los ladrillos de concreto elaborados de acuerdo con la NTP 399.601 deberán estar conforme a los cuatro tipos, tal como sigue:
  - **Tipo 24:** para su uso como unidades de enlace arquitectónico y muros exteriores sin revestimiento y para su uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío. (NTP 399.601, 2015).
  - **Tipo 17:** para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad. (NTP 399.601, 2015).
  - **Tipo 14:** para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión. (NTP 399.601, 2015).
  - **Tipo 10:** para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión. (NTP 399.601, 2015).

Según la NTP 339.601 (2015), presenta los requisitos de resistencia y absorción de los ladrillos indicadas en la tabla 1.

**Tabla 1***Requisitos de resistencia y absorción*

| Resistencia a la compresión, mín. MPa, respecto al área bruta |                        |                   | Absorción de agua, max. % (Promedio de 3 unidades) |
|---|------------------------|-------------------|--|
| Tipo  | Promedio de 3 unidades | Unidad Individual |  |
| 24  | 24                     | 21                | 8  |
| 17  | 17                     | 14                | 10   |
| 14  | 14                     | 10                | 12   |
| 10  | 10                     | 8                 | 12   |

Fuente: NTP 399.601

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.070, la clasificación para fines estructurales tendrá las características indicadas en la Tabla 2 y las limitaciones para su aplicación están indicadas en la Tabla 3.

**Tabla 2***Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*

| Clase                    | Variación de la dimensión<br>(máxima en porcentaje) |              |               | Alabeo<br>(máximo en mm) | Resistencia<br>característica a<br>compresión $f'_b$ mínimo<br>en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre<br>área bruta |
|--------------------------|---|--------------|---------------|--------------------------|---|
|                          | Hasta 100 mm  | Hasta 150 mm | Más de 150 mm |                          |   |
| Ladrillo I               | ± 8   | ± 6          | ± 4           | 10                       | 4,9 (50)  |
| Ladrillo II              | ± 7   | ± 6          | ± 4           | 8                        | 6,9 (70)  |
| Ladrillo III             | ± 5   | ± 4          | ± 3           | 6                        | 9,3 (95)  |
| Ladrillo IV              | ± 4   | ± 3          | ± 2           | 4                        | 12,7 (130)  |
| Ladrillo V               | ± 3   | ± 2          | ± 1           | 2                        | 17,6 (180)  |
| Bloque P <sup>(1)</sup>  | ± 4   | ± 3          | ± 2           | 4                        | 4,9 (50)  |
| Bloque NP <sup>(2)</sup> | ± 7   | ± 6          | ± 4           | 8                        | 2,0 (20)  |

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: NT E.070(2006)

**Tabla 3**

*Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales*

| TIPO              | ZONA SÍSMICA 2 Y 3                          |  | ZONA SÍSMICA 1                               |
|-------------------|---|--|--|
|                   | Muro portante en edificios de 4 pisos a más | Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos    | Muro portante en todo edificio               |
| Solido Artesanal* | No  | Sí, hasta dos pisos                          | Sí   |
| Sólido Industrial | Sí  | Sí   | Sí   |
| Alveolar          | Sí<br>Celdas totalmente rellenas con grout  | Sí<br>Celdas parcialmente rellenas con grout | Sí<br>Celdas parcialmente rellenas con grout |
| Hueca             | No  | No   | Sí   |
| Tubular           | No  | No   | Sí, hasta 2 pisos                            |

Fuente: NT E.070(2006)

### Pruebas:

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.070, las pruebas de las unidades de albañilería son las siguientes:

- **Resistencia a la Compresión:** para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604. La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'_b$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.
- **Variación Dimensional:** para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento en las Normas NTP 399.613 y 399.604.
- **Alabeo:** para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.613.

- **Absorción:** los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y NTP 399.613.

#### **Aceptación de la unidad:**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.070, para la aceptación de la unidad de albañilería debe cumplir lo siguiente:

- Se analizará otra muestra y el lote será rechazado si los resultados revelan una dispersión (coeficiente de variación) superior al 20 % para las unidades producidas industrialmente o al 40 % para las unidades artesanales.
- La unidad de albañilería debe estar libre de cualquier defecto que pueda reducir su resistencia o durabilidad, como astillas, fisuras, grietas o fracturas.
- La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Concreto.** “Mezcla de cemento, agregados, agua y en ocasiones también con aditivos” (Mc Cormac & Brown, 2017).

**Ladrillo de concreto.** “Unidad de albañilería de dimensiones modulares fabricado con cemento portland, agua y agregados, que puede ser manipulada con una sola mano” (NTP 399.601, 2015).

**Resistencia a la compresión.** “Es la relación entre la carga de rotura a compresión de un ladrillo y su sección bruta o neta” (NTP 399.601, 2015).

**Relave minero.** “Es el residuo que queda del proceso de recuperación selectivo de ciertos minerales. Está compuesto por material sólido de tamaño muy pequeño, incluso menor al de la arena y agua formando un compuesto similar al lodo” (ICMM, 2020).

## **CAPITULO III**

### **PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

Las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en diferentes porcentajes varia en más del 10%, en Cajamarca.

#### **3.2. Variables**

**3.2.1.** Variable independiente: porcentaje de reemplazo de agregado fino por relave minero.

**3.2.2.** Variable dependiente: propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto.

#### **3.3. Operacionalización de los componentes de la hipótesis**

Tabla 4

Matriz de operacionalización de variables

| PROPIADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA  |  |  |  |   |                             |
|--|--|--|--|---|-----------------------------|
| Definición operacional de las variables  |  |  |  |   |                             |
| Hipótesis  | Definición de la variable  | Variables  | Dimensiones  | Indicadores   | Unidad                      |
| <b>Hipótesis General:</b><br><br>Las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en diferentes porcentajes varía en más del 10%, en Cajamarca. | <b>RELAVE MINERO:</b> residuos "no valiosos" provenientes de la minería y el procesamiento de mineral, material mayormente fino y húmedo almacenado en botaderos de residuos industriales.<br><br><b>PROPIADES FÍSICAS Y MECÁNICAS:</b> indica el ensayo de los ladrillos de concreto para obtener medición de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión, absorción y contenido de humedad. | Variable independiente:<br><br>Porcentajes de reemplazo de agregado fino por relave minero   | 5<br><br>10<br><br>15<br><br>20  | Porcentaje  | %                           |
|  |  | Variable dependiente:<br><br>- Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto. | Variación de dimensiones y alabeo de los ladrillos de concreto<br><br>Densidad y absorción | Ancho, altura, longitud<br><br>Saturación, secado y volumen | cm<br><br>g/cm <sup>3</sup> |
|  |  |  |  | Resistencia a la compresión<br><br>Carga y área bruta       | Kg/cm <sup>2</sup>          |

## CAPITULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1. Ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en el departamento de Cajamarca, al norte de Perú. Con una superficie total de 33 318 km<sup>2</sup>, representa el 2,6 % del país. Limita con el departamento de Amazonas al este, La Libertad al sur, Lambayeque y Piura al oeste, y la República del Ecuador al norte. Con Cajamarca como capital, está organizado políticamente en 13 provincias y 127 distritos. El Relave minero fue obtenido de un pasivo ambiental minero ubicado en la provincia de Hualgayoc denominado “San Nicolás”, con coordenadas UTM E:760066.81m; N: 9254569.26m, Altura: 3708m.s.n.m.

El departamento tiene un clima diverso, con temperaturas templadas en los valles, temperaturas bajo cero en los picos andinos y temperaturas suaves en los barrancos y a lo largo de las riberas del río Marañón. Las altas temperaturas diurnas (más de 20 °C) y las bajas temperaturas nocturnas (por debajo de 0 °C) en altitudes superiores a los 3000 metros, al menos en invierno, son características típicas de los climas templados y fríos. La atmósfera es seca y las precipitaciones son abundantes durante el verano. (Ivan, 2012)

#### 4.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación experimental consiste en determinar la variable dependiente y la variable independiente en la hipótesis que se quiere someter a contrastación experimental.

Se fabricó dos grupos de ladrillos de concreto, un grupo con materiales convencionales y el otro grupo con reemplazo de agregado fino por relave minero en diferentes porcentajes.

Luego se realizó una medición inicial de ambos grupos de ladrillos de concreto, midiendo la variable dependiente de ambos grupos. Finalmente se realizó la comparación entre las mediciones del grupo de ladrillos de concreto con materiales convencionales y el grupo de ladrillos de concreto con reemplazo de agregado fino por relave minero en diferentes porcentajes; con el fin de conocer si hay variaciones y determinar si influye mejorando las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto.

#### 4.3. Métodos de Investigación

Teniendo en cuenta el enfoque de la investigación, el método de investigación es:

- Método hipotético deductivo.

#### 4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

- **Población:** ladrillos de concreto
- **Muestra:** se obtuvo mediante un muestreo aleatorio simple, utilizando la

$$\text{siguiente ecuación para población infinita: } n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{E^2}$$

Donde:

- ✓ ***n = tamaño de la muestra***
- ✓ ***Z = nivel de confianza***
- ✓ ***p = proporción estimada de la población***
- ✓ ***q = (1 - p)***
- ✓ ***E = margen de error permitido***

asumiendo el nivel de confianza de  $\alpha = 95\%$ , por lo tanto, el  $Z_{\alpha} = 1.95996$ ; la probabilidad  $p = 0.91$ ,  $q = (1 - 0.91)$  y un margen de error de  $E = 5\%$ , se obtiene un tamaño de la muestra de 125 ladrillos de concreto.

Según el cálculo estadístico para poblaciones infinitas, el tamaño de la muestra es de 125 ladrillos de concreto, de los cuales 25 ladrillos serán con materiales convencionales, 25 ladrillos con reemplazo del 5% del agregado fino por relave minero, 25 ladrillos con reemplazo del 10% del agregado fino por relave minero, 25 ladrillos con reemplazo del 15% del agregado fino por relave minero y 25 ladrillos con reemplazo del 20% del agregado fino por relave minero. El detalle del diseño de la muestra con cada porcentaje de reemplazo se puede apreciar en la Tabla 4.

**Tabla 5**

*Diseño de la muestra*

| <b>MUESTRA</b>   | <b>% DE REEMPLAZO</b> |                      | <b>CANTIDAD DE LADRILLOS PARA<br/>ENSAYOS (UND)</b> |   |
|--|-----------------------|----------------------|---|---|
|  | Agregado<br>fino (%)  | Relave<br>minero (%) | Ensayo a<br>compresión<br>(und)                     | Variación de<br>dimensiones, alabeo,<br>absorción y densidad<br>(und) |
| Muestra patrón   | 100                   | 0                    | 5   | 20  |
| Muestra con<br>reemplazo de<br>relave minero<br>por agregado<br>fino | 95                    | 5                    | 5   | 20  |
|  | 90                    | 10                   | 5   | 20  |
|  | 85                    | 15                   | 5   | 20  |
|  | 80                    | 20                   | 5   | 20  |
|  | PARCIAL               |                      | 25  | 100   |
|  | SUB TOTAL             |                      |   | 125   |
|  | TOTAL                 |                      |   | <b>125</b>  |

- **Unidad de análisis:** ladrillo de concreto
- **Unidad de observación:** propiedades físicas y mecánicas.

#### **4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información**

Las técnicas utilizadas fueron, observación y experimentación (ficha de observación y experimento) ya que se midió las variables en la elaboración de ladrillos de concreto con equipos e instrumentos en el laboratorio según las normas nacionales (NTP) e internacionales (ASTM), para la presente investigación primero se eligió un pasivo ambiental minero (PAM), del cual se obtuvo el relave minero y luego se consiguió los agregados (fino y grueso), el cemento y el agua para poder elaborar los ladrillos de concreto.

Se realizó los análisis físico-mecánicos a los agregados y al relave minero, posteriormente se realizó el diseño de mezclas y se fabricó los ladrillos de concreto reemplazando en su elaboración el agregado fino por relave minero en diferentes porcentajes. Teniendo los ladrillos de concreto se determinó la variación de dimensiones, el ensayo a compresión, el porcentaje de absorción, alabeo y densidad.

Los resultados obtenidos se registraron en fichas de laboratorio y luego del procesamiento de datos se realizó una comparación para determinar cómo influye el reemplazo del agregado fino por relave minero en la elaboración de ladrillos de concreto.

#### **4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

- **Técnicas:** observación directa e instrumentos.
- **Análisis de la información:** programa informático (Microsoft Excel 2019)

#### **4.7. Equipos, materiales, insumos, etc.**

##### **Equipos:**

- 01 mezcladora
- 01 carretilla
- Balanza electrónica
- Juego de taras
- Molde metálico de ladrillo
- Mesa vibradora
- Juego de tamices
- Estufa
- Horno eléctrico
- Palana

##### **Materiales:**

- Cemento portland
- Agregado fino
- Agregado grueso
- Agua
- Relave minero

#### **4.8. Matriz de consistencia metodológica**

**Tabla 6**

Matriz de consistencia metodológica

| PROPIADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA   |   |  |  |  |   |                               |                       |  |
|---|---|--|--|--|---|-------------------------------|-----------------------|--|
| Formulación del problema  | Objetivos   | Hipótesis  | Variables  | Dimensiones  | Indicadores   | Unidad                        | Metodología           | Población y muestra  |
| ¿En cuánto varia las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, en diferentes porcentajes, en Cajamarca? | <b>Objetivos específicos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinar las propiedades físicas de los ladrillos de concreto, al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, en Cajamarca.</li> <li>-Determinar las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto, al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, en Cajamarca.</li> </ul> | <b>Hipótesis general</b> <p><b>Objetivo general</b><br/>Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en porcentajes, en Cajamarca.</p> | <b>Variable independiente:</b><br>Porcentajes de reemplazo de agregado fino por relave minero  | 5<br><br>10<br><br>15<br><br>20  | Porcentaje  | %                             |                       |  |
|   |   |  | <b>Variable dependiente:</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto</li> </ul> | Variación de dimensiones y alabeo de los ladrillos de concreto<br><br>Absorción densidad | Ancho, altura, longitud<br><br>Saturación, secado y volumen | cm<br><br>% g/cm <sup>3</sup> | Hipotética/ deductiva | <b>Población:</b><br>Ladrillos de concreto<br><br><b>Muestra:</b><br>125 ladrillos de concreto |
|   |   |  |  | Resistencia a la compresión  | Carga y área bruta  | Kg/cm <sup>2</sup>            |                       |  |

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Presentación de resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados a los ladrillos de concreto con diseño de mezclas para ladrillos tipo IV tanto de la muestra patrón como los ladrillos con reemplazos de relave minero por agregado fino. Se realizó la comparación de los resultados obtenidos de la muestra patrón con los resultados de los ladrillos con reemplazo de relave minero. Los resultados que se muestran corresponden a la variación dimensional, alabeo, densidad, absorción y resistencia a la compresión.

##### 5.1.1. Variación dimensional

**Tabla 7**

*Muestra Patrón (ladrillos de concreto)*

| Característica                    | Largo  | Ancho  | Alto  |
|-----------------------------------|--------|--------|-------|
| Dimensión teórica (mm):           | 240.00 | 130.00 | 90.00 |
| Desviación estándar ( $\sigma$ ): | 0.48   | 0.97   | 0.42  |
| Dimensión promedio<br>(mm):       | 238.80 | 129.80 | 89.30 |
| Variabilidad dimensional<br>(%)   | 0.52   | 0.19   | 0.81  |

**Tabla 8***Muestra con reemplazo del 5% (ladrillos de concreto)*

| <b>Característica</b>             | <b>Largo</b> | <b>Ancho</b> | <b>Alto</b> |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Dimensión teórica (mm):           | 240.00       | 130.00       | 90.00       |
| Desviación estándar ( $\sigma$ ): | 0.32         | 0.71         | 0.75        |
| Dimensión promedio<br>(mm):       | 239.80       | 129.50       | 89.80       |
| Variabilidad dimensional<br>(%)   | 0.07         | 0.38         | 0.25        |

**Tabla 9***Muestra con reemplazo del 10% (ladrillos de concreto)*

| <b>Característica</b>             | <b>Largo</b> | <b>Ancho</b> | <b>Alto</b> |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Dimensión teórica (mm):           | 240.00       | 130.00       | 90.00       |
| Desviación estándar ( $\sigma$ ): | 0.89         | 0.75         | 0.66        |
| Dimensión promedio<br>(mm):       | 239.60       | 130.00       | 89.70       |
| Variabilidad dimensional<br>(%)   | 0.18         | 0.03         | 0.36        |

**Tabla 10***Muestra con reemplazo del 15% (ladrillos de concreto)*

| <b>Característica</b>             | <b>Largo</b> | <b>Ancho</b> | <b>Alto</b> |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Dimensión teórica (mm):           | 240.00       | 130.00       | 90.00       |
| Desviación estándar ( $\sigma$ ): | 0.94         | 0.51         | 0.53        |
| Dimensión promedio<br>(mm):       | 239.10       | 130.00       | 90.00       |
| Variabilidad dimensional<br>(%)   | 0.38         | 0.02         | 0.01        |

**Tabla 11***Muestra con reemplazo del 20% (ladrillos de concreto)*

| <b>Característica</b>             | <b>Largo</b> | <b>Ancho</b> | <b>Alto</b> |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Dimensión teórica (mm):           | 240.00       | 130.00       | 90.00       |
| Desviación estándar ( $\sigma$ ): | 0.87         | 0.45         | 0.50        |
| Dimensión promedio<br>(mm):       | 239.40       | 129.60       | 90.50       |
| Variabilidad dimensional<br>(%)   | 0.23         | 0.28         | 0.13        |

### 5.1.2. Alabeo

**Tabla 12**

*Alabeo promedio de las muestras (ladrillos de concreto)*

| <b>Alabeo promedio de los ladrillos de concreto</b> |                                    |                                     |                                     |                                     |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Muestra<br>patrón                                   | Muestra con<br>reemplazo<br>del 5% | Muestra con<br>reemplazo<br>del 10% | Muestra con<br>reemplazo<br>del 15% | Muestra con<br>reemplazo<br>del 20% |
| Cóncavo<br>(mm):                                    | 0.50                               | 0.30                                | 0.35                                | 0.25                                |
| Convexo<br>(mm):                                    | 0.30                               | 0.10                                | 0.35                                | 0.00                                |

### 5.1.3. Densidad

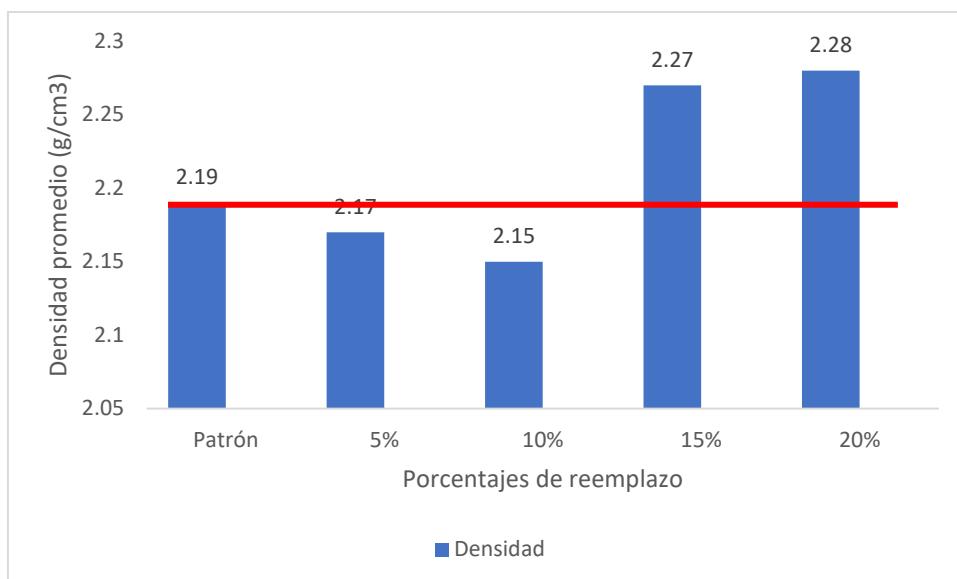
**Tabla 13**

*Densidad de las muestras (ladrillos de concreto)*

| <b>Descripción</b>             | <b>Densidad<br/>promedio<br/>(g/cm<sup>3</sup>)</b> |
|--------------------------------|---|
| Muestra patrón:                | 2.19  |
| Muestra con reemplazo del 5%:  | 2.17  |
| Muestra con reemplazo del 10%: | 2.15  |
| Muestra con reemplazo del 15%: | 2.27  |
| Muestra con reemplazo del 20%: | 2.28  |

**Figura 1**

*Densidad alcanzada según porcentajes de reemplazo*



#### 5.1.4. Absorción

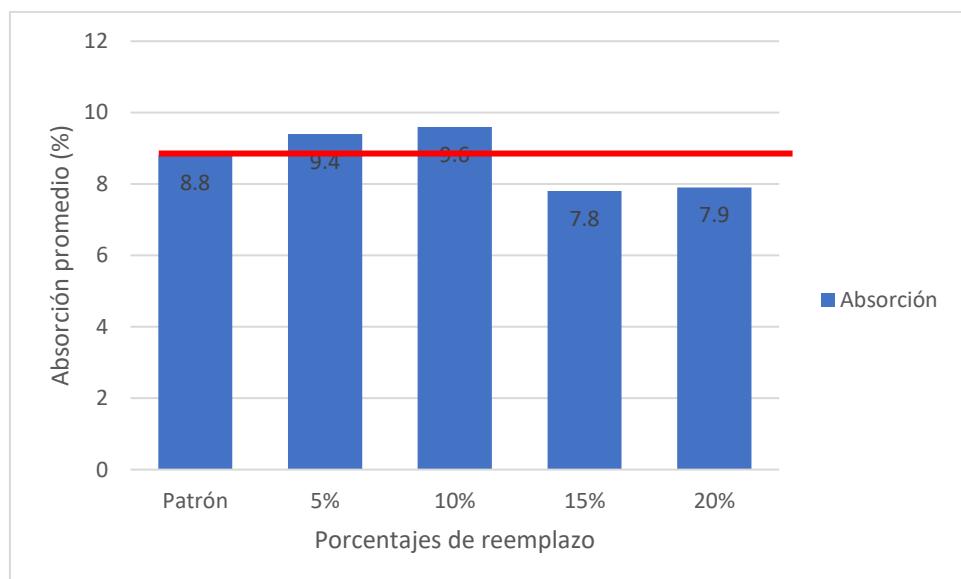
**Tabla 14**

*Absorción de las muestras (ladrillos de concreto)*

| Descripción                    | Absorción |              |
|--------------------------------|-----------|--------------|
|                                |           | promedio (%) |
| Muestra patrón:                |           | 8.80         |
| Muestra con reemplazo del 5%:  |           | 9.40         |
| Muestra con reemplazo del 10%: |           | 9.60         |
| Muestra con reemplazo del 15%: |           | 7.80         |
| Muestra con reemplazo del 20%: |           | 7.90         |

**Figura 2**

*Absorción alcanzada según porcentajes de reemplazo*



### 5.1.5. Resistencia a compresión

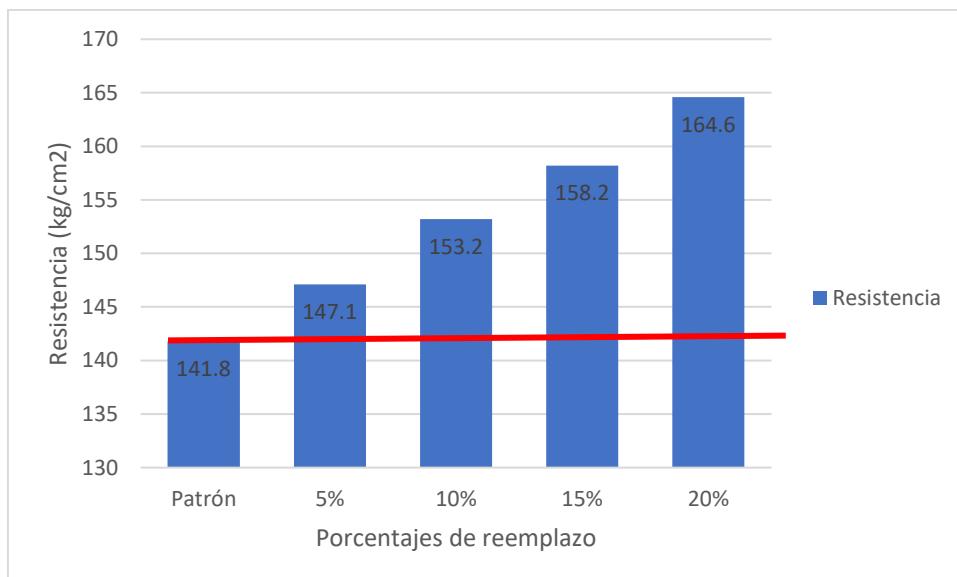
**Tabla 15**

*Resistencia a compresión de las muestras (ladrillos de concreto)*

| Resultados                |               |               |               |               |        |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|
| Muestra                   | Muestra con   | Muestra con   | Muestra con   | Muestra con   |        |
| patrón                    | reemplazo del | reemplazo del | reemplazo del | reemplazo del |        |
| Resistencia               |               |               |               |               |        |
| promedio                  | 144.80        | 151.10        | 156.20        | 161.20        | 169.60 |
| (kg/cm <sup>2</sup> )     |               |               |               |               |        |
| Desviación                |               |               |               |               |        |
| estándar                  | 3.00          | 4.00          | 3.00          | 3.00          | 5.00   |
| (kg/cm <sup>2</sup> )     |               |               |               |               |        |
| Resistencia               |               |               |               |               |        |
| característica            | 141.80        | 147.10        | 153.20        | 158.20        | 164.60 |
| f'b (kg/cm <sup>2</sup> ) |               |               |               |               |        |

**Figura 3**

*Resistencia alcanzada según porcentajes de reemplazo*



## 5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

### 5.2.1. Variación dimensional:

En la tabla 5 se presenta la variación dimensional de la muestra patrón, 0.52% en longitud, 0.19% en ancho y 0.81% en alto, resultados que cumplen con la NTP 399.601 ya que esta indica que las dimensiones no deben diferir por más de  $\pm$  3,2mm de las dimensiones especificadas.

En la tabla 6 se presenta la variación dimensional de la muestra con reemplazo del 5%, 0.07% en longitud, 0.38% en ancho y 0.25% en alto, resultados que cumplen con la NTP 399.601 ya que esta indica que las dimensiones no deben diferir por más de  $\pm$  3,2mm de las dimensiones especificadas.

En la tabla 7 se presenta la variación dimensional de la muestra con reemplazo del 10%, 0.18% en longitud, 0.03% en ancho y 0.36% en alto, resultados que cumplen con la NTP 399.601 ya que esta indica que las dimensiones no deben diferir por más de  $\pm 3,2\text{mm}$  de las dimensiones especificadas.

En la tabla 8 se presenta la variación dimensional de la muestra con reemplazo del 15%, 0.38% en longitud, 0.02% en ancho y 0.01% en alto, resultados que cumplen con la NTP 399.601 ya que esta indica que las dimensiones no deben diferir por más de  $\pm 3,2\text{mm}$  de las dimensiones especificadas.

En la tabla 9 se presenta la variación dimensional de la muestra con reemplazo del 20%, 0.23% en longitud, 0.28% en ancho y 0.13% en alto, resultados que cumplen con la NTP 399.601 ya que esta indica que las dimensiones no deben diferir por más de  $\pm 3,2\text{mm}$  de las dimensiones especificadas.

### **5.2.2. Alabeo**

En la tabla 10 se presenta el alabeo de la muestra patrón, 0.50mm cóncavo y 0.30mm convexo, resultados que cumplen con la Norma de albañilería, ya que esta indica que el alabeo (máximo en mm) para la clase Ladrillo IV es de 4mm.

En la tabla 11 se presenta el alabeo de la muestra con reemplazo del 5%, 0.30mm cóncavo y 0.10mm convexo, resultados que cumplen con la Norma de albañilería, ya que esta indica que el alabeo (máximo en mm) para la clase Ladrillo IV es de 4mm.

En la tabla 12 se presenta el alabeo de la muestra con reemplazo del 10%, 0.35mm cóncavo y 0.35mm convexo, resultados que cumplen con la Norma de albañilería, ya que esta indica que el alabeo (máximo en mm) para la clase Ladrillo IV es de 4mm.

En la tabla 13 se presenta el alabeo de la muestra con reemplazo del 15%, 0.25mm cóncavo y 0.00mm convexo, resultados que cumplen con la Norma de albañilería, ya que esta indica que el alabeo (máximo en mm) para la clase Ladrillo IV es de 4mm.

En la tabla 14 se presenta el alabeo de la muestra con reemplazo del 20%, 0.40mm cóncavo y 0.20mm convexo, resultados que cumplen con la Norma de albañilería, ya que esta indica que el alabeo (máximo en mm) para la clase Ladrillo IV es de 4mm.

### **5.2.3. Densidad**

En la tabla 15 se presenta la densidad promedio de la muestra patrón igual a 2.19 g/cm<sup>3</sup>, de la muestra con reemplazo del 5% igual a 2.17 g/cm<sup>3</sup>, de la muestra con reemplazo del 10% igual a 2.15 g/cm<sup>3</sup>, de la muestra con reemplazo del 15% igual a 2.27 g/cm<sup>3</sup> y de la muestra con reemplazo del 20% igual a 2.28 g/cm<sup>3</sup>.

En la Figura 1 se puede apreciar que inicialmente en los porcentajes de reemplazo del 5% y 10% la densidad tiende a bajar con respecto a la muestra patrón; mientras que con los reemplazos del 15% y 20% la densidad tiende a subir con respecto a la muestra patrón.

### **5.2.4. Absorción**

En la tabla 16 se presenta la absorción promedio de la muestra patrón igual a 8.80%, de la muestra con reemplazo del 5% igual a 9.40%, de la muestra con reemplazo del 10% igual a 9.60%, de la muestra con reemplazo del 15% igual a 7.80% y de la muestra con reemplazo del 20% igual a 7.90%, resultados que cumplen con la NTP399.601 ya que esta indica que el porcentaje de absorción máximo para este tipo de ladrillos es de 10%.

En la Figura 2 se puede apreciar que inicialmente en los porcentajes de reemplazo del 5% y 10% la absorción promedio tiende a subir con respecto a la muestra patrón; mientras que con los reemplazos del 15% y 20% la absorción promedio tiende a bajar con respecto a la muestra patrón.

#### **5.2.5. Resistencia a compresión**

En la tabla 17 se presenta la Resistencia a compresión de la muestra patrón igual a 141.80 kg/cm<sup>2</sup>, resultados que cumplen con la Norma de albañilería, ya que esta indica que para la clase Ladrillo IV la resistencia característica a compresión es de 130 kg/cm<sup>2</sup>.

En la tabla 18 se presenta la Resistencia a compresión de la muestra con reemplazo del 5% igual a 147.10 kg/cm<sup>2</sup>, resultados que cumplen con la Norma de albañilería, ya que esta indica que para la clase Ladrillo IV la resistencia característica a compresión es de 130 kg/cm<sup>2</sup>.

En la tabla 19 se presenta la Resistencia a compresión de la muestra con reemplazo del 10% igual a 153.20 kg/cm<sup>2</sup>, resultados que cumplen con la Norma de albañilería, ya que esta indica que para la clase Ladrillo IV la resistencia característica a compresión es de 130 kg/cm<sup>2</sup>.

En la tabla 20 se presenta la Resistencia a compresión de la muestra con reemplazo del 15% igual a 158.20 kg/cm<sup>2</sup>, resultados que cumplen con la Norma de albañilería, ya que esta indica que para la clase Ladrillo IV la resistencia característica a compresión es de 130 kg/cm<sup>2</sup>.

En la tabla 21 se presenta la Resistencia a compresión de la muestra con reemplazo del 20% igual a 164.60 kg/cm<sup>2</sup>, resultados que cumplen con la Norma de albañilería, ya que esta indica que para la clase Ladrillo IV la resistencia característica a compresión es de 130 kg/cm<sup>2</sup>.

En la Figura 3 se puede apreciar que en todos los porcentajes de reemplazo la resistencia a compresión tiende a subir con respecto a la muestra patrón; el porcentaje mayor de reemplazo del 20% varía en un 16.08% de aumento con respecto a la muestra patrón.

### **5.3. Contrastación de hipótesis**

La hipótesis de la presente investigación da como posible respuesta que las propiedades físicas y mecánicas varía en más del 10%, a continuación, se indica los porcentajes de variación de las propiedades.

#### **5.3.1. Variación dimensional**

Con respecto a la variación dimensional, la muestra patrón y las muestras con porcentajes de reemplazo cumplen con la NTP 399.601, para esta propiedad las muestras deben cumplir con la norma para evitar el descarte de estas.

#### **5.3.2. Alabeo**

Con respecto al alabeo, la muestra patrón y las muestras con porcentajes de reemplazo cumplen con la Norma de albañilería, para esta propiedad las muestras deben cumplir con la norma para evitar el descarte de estas.

#### **5.3.3. Densidad**

Con respecto a la densidad, la muestra patrón y el porcentaje de reemplazo del 15% varía en 3.65% de aumento con respecto a la muestra patrón; para el reemplazo del 20% varía en 4.11% de aumento con respecto a la muestra patrón.

#### **5.3.4. Absorción**

Con respecto a la absorción, la muestra patrón y el porcentaje de reemplazo del 5% varía en 6.82% de aumento con respecto a la muestra patrón; para el reemplazo del 10% varía en 9.09% de aumento con respecto a la muestra patrón.

### **5.3.5. Resistencia a Compresión**

Con respecto a la Resistencia a compresión, la muestra patrón y el porcentaje de reemplazo del 5% varía en 3.74% de aumento con respecto a la muestra patrón; para el reemplazo del 10% varía en 8.04% de aumento con respecto a la muestra patrón; para el reemplazo del 15% varía en 11.57% de aumento con respecto a la muestra patrón y para el reemplazo del 20% varía en 16.08% de aumento con respecto a la muestra patrón.

## CAPITULO VI

### 6.1. CONCLUSIONES

- Las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto al reemplazar en su elaboración el agregado fino por relave minero en diferentes porcentajes varía en un rango del 0.91% al 16.08% con respecto a las muestras patrón.
- En la resistencia a compresión el reemplazo de relave minero en un 20% por agregado fino en la elaboración de los ladrillos de concreto, aumenta en 16.08% con respecto a la muestra patrón y para el reemplazo del 15%, aumenta en 11.57% con respecto a la muestra patrón.
- La variación dimensional y el alabeo de los ladrillos de concreto con reemplazos del 5%, 10%, 15% y 20% de relave minero por agregado fino en su elaboración cumplen con la norma NTP 399.601 y con la Norma E.070 del 2006.
- La densidad de los ladrillos de concreto con reemplazo del 15% de relave minero por agregado fino en su elaboración, aumenta en un 3.65% con respecto a la muestra patrón y para el reemplazo del 20% aumenta en un 4.11% con respecto a la muestra patrón.
- La absorción de los ladrillos de concreto con reemplazo del 5% de relave minero por agregado fino en su elaboración, aumenta en un 6.82% con respecto a la muestra patrón y para el reemplazo del 10% aumenta en un 9.09% con respecto a la muestra patrón.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda el uso de los ladrillos de concreto con reemplazos de relave minero por agregado fino, en construcciones de albañilería, son adecuados para muros portantes, debido a que los resultados reflejan que las propiedades físicas y mecánicas cumplen con la norma de albañilería.
- Se recomienda realizar esta tesis teniendo en cuenta las propiedades químicas del relave minero y su impacto ambiental.
- Realizar un estudio sobre la disminución del impacto ambiental, al utilizar los relaves mineros como agregado fino en la elaboración de ladrillos de concreto.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Abanto, F. (1996). Tecnología del concreto (teoría y problemas). Lima: San Marcos.
- Arrieta, J. (Enero de 2001). Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora. Lima, Perú.
- Bardales, B. (2019). Comparación de las propiedades mecánicas de los ladrillos artesanales de concreto y arcilla. Cajamarca, Perú.
- Cárdenas, F. J. (21 de febrero de 2019). Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería - caso ex unidad minera Mercedes 3. Lima, Perú.
- Chuctaya, D. (2023). Incorporación de diatomita y liparita, para sustituir parcialmente la arcilla en la fabricación de ladrillo artesanal tipo king kong, de acuerdo a la norma E070 en la ciudad de Arequipa. Lima, Perú.
- Cutipa, A. (2021). Influencia de cenizas de hojas de olivo en las propiedades físico-mecánicas en ladrillos de concreto, distrito de Ilo, Moquegua-2021. Lima, Perú.
- Hildebrandt, C. (febrero de 2019). Hildebrandt en sus trece. Los pasivos mineros de Hualgayoc. Perú.
- ICMM. (2020).
- Jaimes, G. R. (Abril de 2020). Importancia del concreto en el campo de la construcción. Cúcuta, Colombia.
- Mc Cormac, J., & Brown, R. (2017). Diseño de concreto reforzado. Alfaomega.
- Mercado, P., & Reyna, K. (2020). Influencia de los porcentajes de los relaves mineros en la resistencia a la compresión en bloques de concreto ensamblables, Trujillo 2019. Trujillo, Perú.
- Minas, M. d. (2022).

Montjoy, V. (11 de Abril de 2022). La atemporalidad del ladrillo: sus beneficios en la construcción. Chile.

NTP 399.601, I. (2015). Norma Técnica Peruana.

Olarte Buleje, Z. (2017). Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles. Abancay, Apurimac.

Palacios, J. (2024). Diseño de un bloque de concreto y relave de mina para caminos rurales en zonas mineras. Perú.

Tejada, M., & Loayza, E. (Diciembre de 2017). Proyecto de inversión para la producción y comercialización de adoquines ecoamigables hechos a partir de residuos mineros en la provincia de Arequipa al 2017. Arequipa.

## APÉNDICES

### APÉNDICE I. Panel fotográfico

Foto 1 Ensayo de peso unitario suelto Relave Minero



Foto 2 Ensayo de granulometría del Relave Minero



Foto 3 Ensayo de Peso específico del Agregado Fino



Foto 4 Ensayo de peso específico del Agregado Grueso



Foto 5 Peso de la cantidad de materiales para la elaboración de ladrillos de concreto



Foto 6 Elaboración de ladrillos de concreto



Foto 7 Ensayos de ladrillos de concreto



Foto 8 Ensayo de Resistencia a compresión de los ladrillos de concreto



## APÉNDICE II. Resultados de laboratorio

### 2A. Propiedades físicas de los agregados.

#### PROPIEDADES FÍSICAS DE AGREGADOS PARA CONCRETO / A.S.T.M.C -33

**TESIS** : "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA"

**MATERIAL** : CONFITILLO.

#### A) CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| Peso de la fiola en (g) =    | 191.98  |
| Peso de la fiola +agua (g) = | 689.5   |
| Volumen de la fiola (cm3) =  | 500.00  |
| Peso específico (g/cm3) =    | 0.99504 |
| P.e en (Kg/m3) =             | 995.04  |

#### B) CALCULO DEL Factor f

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| Peso del Molde (g) =       | 4624.00  |
| Peso del Molde +Agua (g) = | 13558.00 |
| Peso Agua (Kg) =           | 9.332    |
| f (1/m3) =                 | 106.627  |

#### 1 .00 Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203)

| Ítem | Descripción                         | Und.                    | M-1         | M-2         | M-3         | Promedio    |
|------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1.01 | Peso del recipiente                 | g                       | 4224.00     | 4224.00     | 4224.00     |             |
| 1.02 | Peso de muestra suelta + recipiente | g                       | 16041.00    | 16089.00    | 16011.00    |             |
| 1.03 | Peso de la muestra suelta           | g                       | 11817.00    | 11865.00    | 11787.00    |             |
| 1.04 | Factor (f)                          | 1/m3                    | 106.627     | 106.627     | 106.627     |             |
| 1.05 | Peso Unitario Suelto                | g/cm <sup>3</sup>       | 1.260       | 1.265       | 1.257       | 1.261       |
|      | <b>Peso Unitario Suelto</b>         | <b>Kg/m<sup>3</sup></b> | <b>1260</b> | <b>1265</b> | <b>1257</b> | <b>1261</b> |

**2 .00 Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203)**

| Ítem | Descripción                                | Und.                    | M-1         | M-2         | M-3         | Promedio    |
|------|--|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2.01 | Peso del recipiente                        | g                       | 4224.00     | 4224.00     | 4224.00     |             |
| 2.02 | Peso de muestra<br>Compactada + recipiente | g                       | 17055.00    | 17158.00    | 17106.00    |             |
| 2.03 | Peso de la muestra suelta                  | g                       | 12831.00    | 12934.00    | 12882.00    |             |
| 2.04 | Factor (f)                                 |                         | 106.627     | 106.627     | 106.627     |             |
| 2.05 | Peso Unitario Compactado                   | g/cm <sup>3</sup>       | 1.368       | 1.379       | 1.374       | 1.374       |
|      | <b>Peso Unitario Compactado</b>            | <b>Kg/m<sup>3</sup></b> | <b>1368</b> | <b>1379</b> | <b>1374</b> | <b>1374</b> |

**3 .00 Peso Específico - ASTM C -127 / MTC E 206 / NTP 400.021**

| Ítem | Descripción   | Und.                    | M-1          | M-2          | M-3          | Promedio     |
|------|---|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 3.01 | Peso de muestra SSS + canastilla sumergida                        | g                       | 2642.04      | 2635.12      | 2638.54      |              |
| 3.02 | Peso de canastilla sumergida                                      | g                       | 775.00       | 775.00       | 775.00       |              |
| 3.03 | Peso de la muestra superficialmente Seca                          | g                       | 3000.00      | 3000.00      | 3000.00      |              |
| 3.04 | Peso de la muestra secada al horno                                | g                       | 2955.30      | 2954.60      | 2955.70      |              |
| 3.05 | Peso de la muestra sumergida en el agua                           | g                       | 1867.04      | 1860.12      | 1863.54      |              |
|      | <b>Peso Específico de Masa</b>                                    | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | <b>2.608</b> | <b>2.592</b> | <b>2.601</b> | <b>2.600</b> |
|      | <b>Peso Específico de Masa Saturado<br/>Superficialmente Seco</b> | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 2.648        | 2.632        | 2.640        | <b>2.640</b> |
|      | <b>Peso Específico de Aparente</b>                                | <b>g/cm<sup>3</sup></b> | 2.716        | 2.700        | 2.706        | <b>2.710</b> |

**4 .00 Absorción (%) ASTM C -127 / MTC E 206 / NTP 400.021**

| Ítem                 | Descripción                              | Und. | M-1     | M-2          | M-3     | Promedio |
|----------------------|--|------|---------|--------------|---------|----------|
| 4.01                 | Peso de la muestra Superficialmente Seca | g    | 3000.00 | 3000.00      | 3000.00 |          |
| 4.02                 | Peso de la muestra secada al horno       | g    | 2955.30 | 2954.60      | 2955.70 |          |
| <b>Absorción (%)</b> |  |      | %       | 1.513        | 1.537   | 1.499    |
|                      |  |      |         | <b>1.500</b> |         |          |

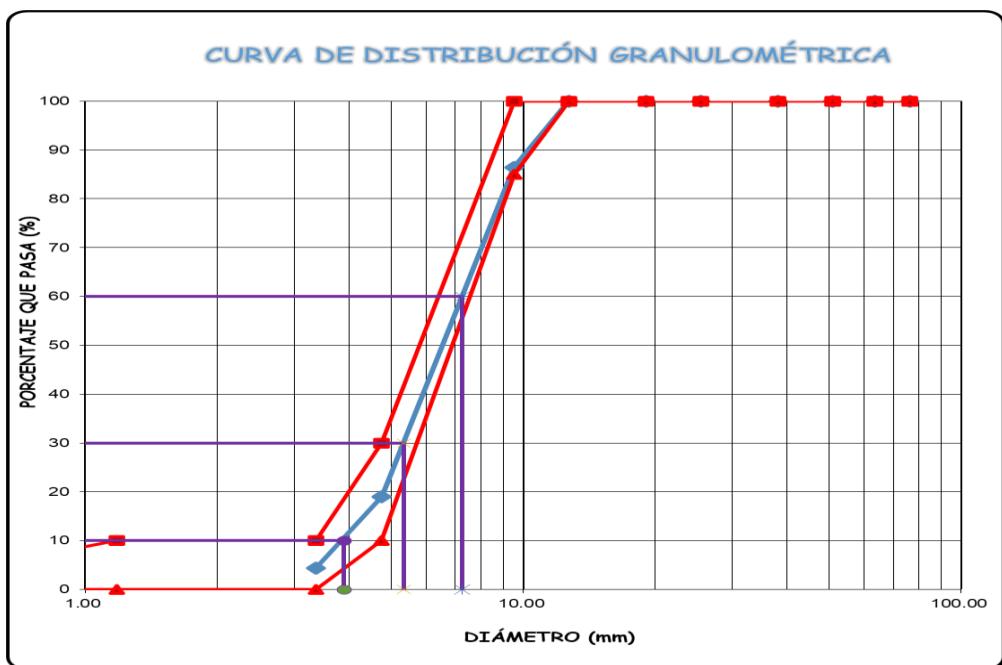
**5 .00 Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 215 / NTP 339.185**

| Ítem                        | Descripción                          | Und.       | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio    |
|-----------------------------|--------------------------------------|------------|---------|---------|---------|-------------|
| <b>5.01</b>                 | Peso del Recipiente                  | g          | 355.00  | 358.00  | 360.00  |             |
| <b>5.02</b>                 | Peso del Recipiente + muestra Húmeda | g          | 1539.00 | 1458.00 | 1686.00 |             |
| <b>5.03</b>                 | Peso del Recipiente + muestra seca   | g          | 1535.00 | 1454.00 | 1681.00 |             |
| <b>Contenido de Humedad</b> |                                      | <b>W %</b> | 0.34    | 0.36    | 0.38    | <b>0.36</b> |

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL CONFITILLO: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012  
/AASHTO T- 27/ MTC E 202**

| Peso Seco Inicial =                            |               |                       | 2900.00                     |                               |                     |
|--|---------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) = |               |                       | 0.00                        |                               |                     |
| Tamiz  |               | Peso Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Acumulado | Porcentaje Que Pasa |
| N°   | Abertura (mm) |                       |                             |                               |                     |
| 3"   | 76.20         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 2 ½"   | 63.50         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 2"   | 50.80         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 1 ½"   | 38.10         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 1"   | 25.40         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 3/4"   | 19.05         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 1/2"   | 12.70         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 3/8"   | 9.53          | 393.00                | 13.55                       | 13.55                         | 86.45               |
| N°4  | 4.75          | 1956.00               | 67.45                       | 81.00                         | 19.00               |
| N°8  | 3.36          | 425.00                | 14.66                       | 95.66                         | 4.34                |
| N 16   | 1.18          | 126.00                | 4.34                        | 100.00                        | 0.00                |
| N 30   | 0.60          | 0.00                  | 0.00                        | 100.00                        | 0.00                |

|                    |         |      |      |        |      |
|--------------------|---------|------|------|--------|------|
| N 50               | 0.30    | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| N 100              | 0.15    | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| N 200              | 0.075   | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| Cazoleta           | --      | 0    | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL              | 2900.00 |      |      |        |      |
| MÓDULO DE FINURA = |         |      |      | 5.902  |      |



|                         |       |                         |      |                         |      |
|-------------------------|-------|-------------------------|------|-------------------------|------|
| <b>D<sub>60</sub> =</b> | 13.00 | <b>D<sub>30</sub> =</b> | 5.35 | <b>D<sub>10</sub> =</b> | 3.90 |
| <b>Cu =</b>             | 3.33  | <b>Cc =</b>             | 0.56 |                         |      |

**OBSERVACIONES:** LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEL CONFITILLO CUMPLE EL USO GRANULOMETRICO.

**ENSAYO DE ABRASIÓN / NTP 400.019 / ASTM C 131 / MTC E 207**

**TESIS :** "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA"

**MATERIAL :** CONFITILLO.

| Gradación  | Equipo Mecánico        | Nº de Esferas | Velocidad (rev./mim) | Nº de Revoluciones | Tamaño Máx. Nominal | Peso de la Muestra en (g.) |
|--|------------------------|---------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|
| C  | Máquina de los Ángeles | 8             | 30 - 33              | 500.00             | 3/8"                | 5000.00                    |
| <b>Nº DE ENSAYOS</b>   |                        |               |                      | <b>1°</b>          | <b>2°</b>           | <b>3°</b>                  |
| Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)                    |                        |               |                      | 5000               | 5000                | 5000                       |
| Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g.) |                        |               |                      | 3242               | 3358                | 3351                       |
| % Desg. =(( Pi -Pf ) / Pi ) x 100                                |                        |               |                      | 35.16              | 32.84               | 32.98                      |
| <b>Abrasión % Desgaste Promedio</b>                              |                        |               |                      | <b>34.00</b>       |                     |                            |

**MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (ASTM.C -117 / NTP 400.018)**

**MATERIAL :** CONFITILLO.

**1 .00 Ensayo partículas < N° 200 para el Agregado Grueso**

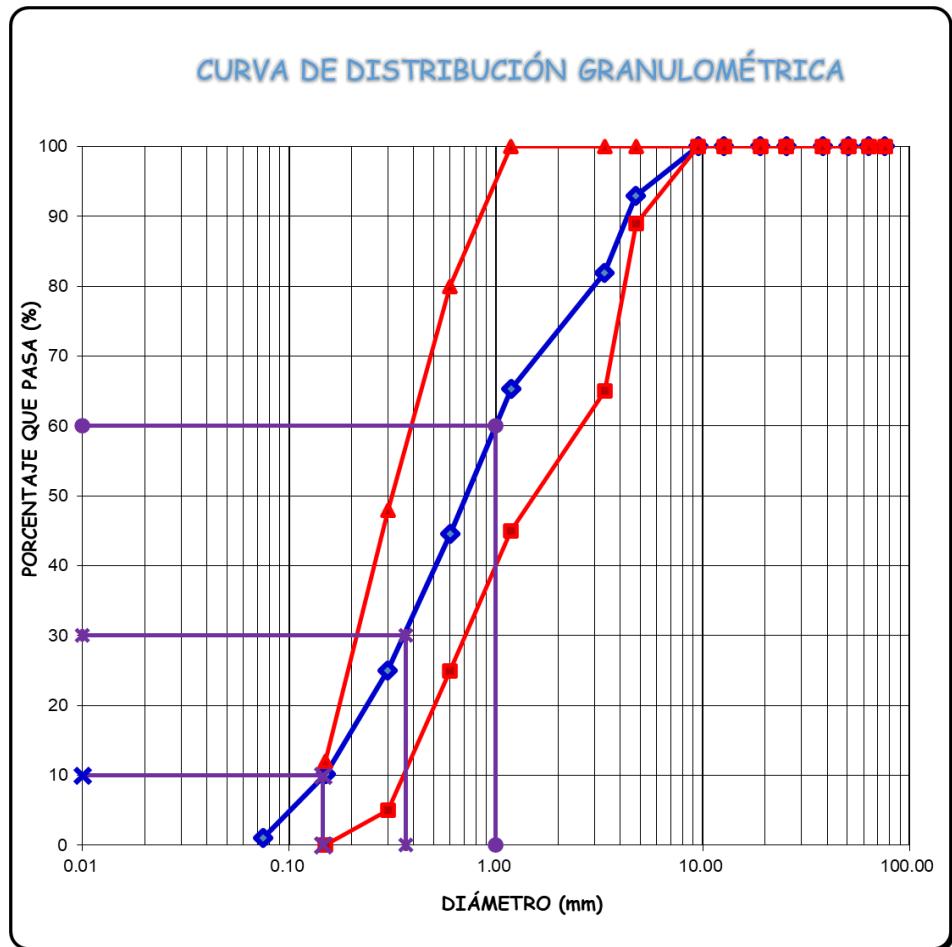
| Ítem        | Descripción                                   | Und. | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio     |
|-------------|---|------|---------|---------|---------|--------------|
| <b>1.01</b> | Peso de Muestra Original                      | g    | 3000.00 | 3000.00 | 3000.00 |              |
| <b>1.02</b> | Peso de la muestra Lavada                     | g    | 2981.52 | 2981.50 | 2982.30 |              |
| <b>1.03</b> | Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200    | g    | 18.48   | 18.50   | 17.70   |              |
|             | <b>% de Material que Pasa el Tamiz N° 200</b> | %    | 0.616%  | 0.617%  | 0.590%  | <b>0.60%</b> |

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO: A.S.T.M. C 136 / NTP  
400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 204**

**TESIS :** "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA"

---

| Peso Seco Inicial =                               |               |                       | 1470.00                     |                               |                     |
|---|---------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm.<br>(MALLA N° 200) = |               |                       | 15.00                       |                               |                     |
| Tamiz   |               | Peso Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Acumulado | Porcentaje Que Pasa |
| Nº  | Abertura (mm) |                       |                             |                               |                     |
| 3"  | 76.20         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 2 ½"  | 63.50         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 2"  | 50.80         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 1 ½"  | 38.10         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 1"  | 25.40         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 3/4"  | 19.05         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 1/2"  | 12.70         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 3/8"  | 9.53          | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| N°4   | 4.75          | 104.00                | 7.07                        | 7.07                          | 92.93               |
| N°8   | 3.36          | 162.00                | 11.02                       | 18.10                         | 81.90               |
| N 16  | 1.18          | 244.00                | 16.60                       | 34.69                         | 65.31               |
| N 30  | 0.60          | 305.00                | 20.75                       | 55.44                         | 44.56               |
| N 50  | 0.30          | 288.00                | 19.59                       | 75.03                         | 24.97               |
| N 100   | 0.15          | 217.00                | 14.76                       | 89.80                         | 10.20               |
| N 200   | 0.075         | 135.00                | 9.18                        | 98.98                         | 1.02                |
| Cazoleta  | --            | 15                    | 1.02                        | 100.00                        | 0.00                |
| TOTAL   |               | 1470.0                |                             |                               |                     |
| <b>MÓDULO DE FINURA =</b>                         |               |                       | <b>2.801</b>                |                               |                     |



|       |      |       |       |       |       |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| D60 = | 1.00 | D30 = | 0.365 | D10 = | 0.145 |
| Cu =  | 6.90 | Cc =  |       | 0.92  |       |

**OBSERVACIONES:** LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO EL HUSO GRANULOMETRICO "M" DE LA NORMA N.T.P. 400.037.

## PROPIEDADES FÍSICAS DE AGREGADO FINO

**TESIS :** "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA"

---

**MATERIAL** : AGREGADO FINO DE RÍO.

### A) CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA

|  |         |
|--|---------|
| Peso de la fiola en (g) =                | 191.98  |
| Peso de la fiola en (g) =                | 689.5   |
| Volumen de la fiola (cm <sup>3</sup> ) = | 500     |
| Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) =   | 0.99504 |
| P.e en (Kg/m <sup>3</sup> ) =            | 995.04  |

### B) CALCULO DEL Factor f

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| Peso del Molde (g) =       | 1995.45 |
| Peso del Molde +Agua (g) = | 4816    |
| Peso Agua (Kg) =           | 2.821   |
| f (1/m <sup>3</sup> ) =    | 352.78  |

### 1 .00 Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203)

| Ítem                        | Descripción                         | Und.                    | M-1         | M-2         | M-3         | Promedio    |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1.01                        | Peso del recipiente                 | g                       | 1995.00     | 1995.00     | 1995.00     |             |
| 1.03                        | Peso de muestra suelta + recipiente | g                       | 6785.00     | 6854.00     | 6811.00     |             |
| 1.04                        | Peso de la muestra suelta           | g                       | 4790.00     | 4859.00     | 4816.00     |             |
| 1.05                        | Factor (f)                          |                         | 352.782     | 352.782     | 352.782     |             |
| 1.06                        | Peso Unitario Suelto                | g/cm <sup>3</sup>       | 1.690       | 1.714       | 1.699       | 1.701       |
| <b>Peso Unitario Suelto</b> |                                     | <b>Kg/m<sup>3</sup></b> | <b>1690</b> | <b>1714</b> | <b>1699</b> | <b>1701</b> |

**2 .00 Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203)**

| <b>Ítem</b>                     | <b>Descripción</b>                      | <b>Und.</b>             | <b>M-1</b>  | <b>M-2</b>  | <b>M-3</b>  | <b>Promedio</b> |
|---------------------------------|---|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| <b>2.01</b>                     | Peso del recipiente                     | g                       | 1995.00     | 1995.00     | 1995.00     |                 |
| <b>2.02</b>                     | Peso de muestra Compactada + recipiente | g                       | 7245.00     | 7195.00     | 7204.00     |                 |
| <b>2.03</b>                     | Peso de la muestra suelta               | g                       | 5250.00     | 5200.00     | 5209.00     |                 |
| <b>2.04</b>                     | Factor (f)                              | 1/m <sup>3</sup>        | 352.782     | 352.782     | 352.782     |                 |
| <b>2.05</b>                     | Peso Unitario Compactado                | g/cm <sup>3</sup>       | 1.852       | 1.834       | 1.838       | 1.841           |
| <b>Peso Unitario Compactado</b> |   | <b>Kg/m<sup>3</sup></b> | <b>1852</b> | <b>1834</b> | <b>1838</b> | <b>1841</b>     |

**3 .00 Peso Específico / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 205.**

| <b>Ítem</b>   | <b>Descripción</b>                       | <b>Und.</b>            | <b>M-1</b>   | <b>M-2</b>   | <b>M-3</b>   | <b>Promedio</b> |
|---|--|------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| 3.01  | Peso de fiola                            | g                      | 191.98       | 191.98       | 191.98       |                 |
| 3.02  | Peso de la fiola +agua hasta menizco     | g                      | 689.50       | 689.50       | 689.50       |                 |
| 3.03  | peso de la fiola +agua + muestra         | g                      | 1003.61      | 1003.38      | 1003.22      |                 |
| 3.04  | Peso de la muestra superficialmente Seca | g                      | 500.00       | 500.00       | 500.00       |                 |
| 3.05  | Peso de la muestra secada al horno       | g                      | 493.51       | 493.42       | 493.32       |                 |
| 3.06  | volumen de agua añadida al frasco (g)    | g                      | 311.63       | 311.40       | 311.24       |                 |
| <b>Peso Específico de Masa</b>                                |  | <b>g/m<sup>3</sup></b> | <b>2.620</b> | <b>2.616</b> | <b>2.613</b> | <b>2.620</b>    |
| <b>Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco</b> |  | <b>g/m<sup>3</sup></b> | <b>2.654</b> | <b>2.651</b> | <b>2.649</b> | <b>2.650</b>    |
| <b>Peso Específico de Aparente</b>                            |  | <b>g/m<sup>3</sup></b> | <b>2.713</b> | <b>2.711</b> | <b>2.709</b> | <b>2.710</b>    |

**4 .00 Absorción (%) / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 205**

| <b>Ítem</b> | <b>Descripción</b>                       | <b>Und.</b> | <b>M-1</b>   | <b>M-2</b>   | <b>M-3</b>   | <b>Promedio</b> |
|-------------|--|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| <b>4.01</b> | Peso de la muestra Superficialmente Seca | g           | 500.00       | 500.00       | 500.00       |                 |
| <b>4.02</b> | Peso de la muestra secada al horno       | g           | 493.51       | 493.42       | 493.32       |                 |
|             | <b>Absorción (%)</b>                     | <b>%</b>    | <b>1.315</b> | <b>1.334</b> | <b>1.354</b> | <b>1.300</b>    |

**5 .00 Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 215 / NTP 339.185**

| Ítem | Descripción                          | Und.       | M-1         | M-2         | M-3         | Promedio    |
|------|--------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 5.01 | Peso del Recipiente                  | g          | 361.00      | 355.00      | 359.00      |             |
| 5.02 | Peso del Recipiente + muestra Humeda | g          | 1462.00     | 1588.00     | 1639.00     |             |
| 5.03 | Peso del Recipiente + muestra seca   | g          | 1406.00     | 1524.00     | 1575.00     |             |
|      | <b>Contenido de Humedad</b>          | <b>W %</b> | <b>5.36</b> | <b>5.47</b> | <b>5.26</b> | <b>5.37</b> |

**MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (ASTM.C -117 / NTP 400.018)**

**MATERIAL : AGREGADO FINO DE RÍO.**

**1 .00 Ensayo partículas < N° 200 para el Agregado Fino**

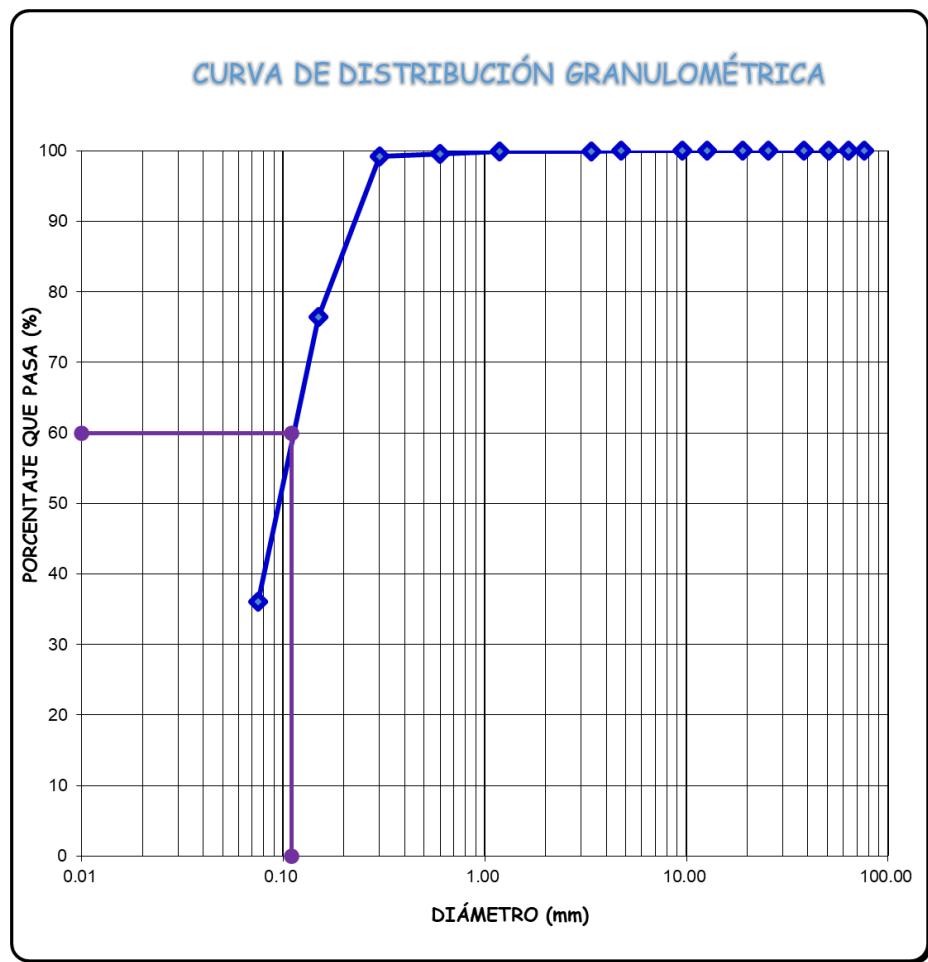
| Ítem | Descripción                                | Und.     | M-1          | M-2          | M-3          | Promedio     |
|------|--|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1.01 | Peso de Muestra Original                   | g        | 500.00       | 500.00       | 500.00       |              |
| 1.02 | Peso de la muestra Lavada                  | g        | 489.44       | 488.22       | 487.11       |              |
| 1.03 | Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200 | g        | 10.56        | 11.78        | 12.89        |              |
|      | <b>Material que Pasa el Tamiz N° 200</b>   | <b>%</b> | <b>2.11%</b> | <b>2.36%</b> | <b>2.58%</b> | <b>2.30%</b> |

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO: A.S.T.M. C 136 / NTP  
400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 204**

**TESIS :** "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA"

---

| Peso Seco Inicial =                            |               |                       | 500.00                      |                               |                     |
|--|---------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) = |               |                       | 180.30                      |                               |                     |
| Tamiz  |               | Peso Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Parcial | Porcentaje Retenido Acumulado | Porcentaje Que Pasa |
| Nº   | Abertura (mm) |                       |                             |                               |                     |
| 3"   | 76.20         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 2 ½"   | 63.50         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 2"   | 50.80         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 1 ½"   | 38.10         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 1"   | 25.40         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 3/4"   | 19.05         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 1/2"   | 12.70         | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| 3/8"   | 9.53          | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| N°4  | 4.75          | 0.00                  | 0.00                        | 0.00                          | 100.00              |
| N°8  | 3.36          | 0.20                  | 0.04                        | 0.04                          | 99.96               |
| N 16   | 1.18          | 0.30                  | 0.06                        | 0.10                          | 99.90               |
| N 30   | 0.60          | 1.40                  | 0.28                        | 0.38                          | 99.62               |
| N 50   | 0.30          | 2.20                  | 0.44                        | 0.82                          | 99.18               |
| N 100  | 0.15          | 113.50                | 22.70                       | 23.52                         | 76.48               |
| N 200  | 0.075         | 202.10                | 40.42                       | 63.94                         | 36.06               |
| Cazoleta                                       | 0             | 180.3                 | 36.06                       | 100.00                        | 0.00                |
| TOTAL  |               | 500.0                 |                             |                               |                     |
| <b>MÓDULO DE FINURA =</b>                      |               |                       | <b>0.249</b>                |                               |                     |



|                         |      |                         |                        |                         |     |
|-------------------------|------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----|
| <b>D<sub>60</sub> =</b> | 0.11 | <b>D<sub>30</sub> =</b> | ...                    | <b>D<sub>10</sub> =</b> | ... |
| <b>C<sub>u</sub> =</b>  |      |                         | <b>C<sub>c</sub> =</b> |                         |     |

**OBSERVACIONES:**

LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEL RELAVE MINERO.

**PROPIEDADES FÍSICAS DE AGREGADO FINO**

**TESIS** : "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA"

---

**MATERIAL**

**RELAVE MINERO**

**A) CALCULO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA**

|                             |         |
|-----------------------------|---------|
| Peso de la fiola en (g) =   | 191.98  |
| Peso de la fiola en (g) =   | 689.5   |
| Volumen de la fiola (cm3) = | 500     |
| Peso específico (g/cm3) =   | 0.99504 |
| P.e en (Kg/m3) =            | 995.04  |

**B) CALCULO DEL Factor f**

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| Peso del Molde (g) =       | 1995.45 |
| Peso del Molde +Agua (g) = | 4816    |
| Peso Agua (Kg) =           | 2.82055 |
| f (1/m3) =                 | 352.78  |

**1 .00 Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203)**

| <b>Ítem</b>                 | <b>Descripción</b>                  | <b>Und.</b>       | <b>M-1</b>  | <b>M-2</b>  | <b>M-3</b>  | <b>Promedio</b> |
|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| <b>1.01</b>                 | Peso del recipiente                 | g                 | 1995.00     | 1995.00     | 1995.00     |                 |
| <b>1.02</b>                 | Peso de muestra suelta + recipiente | g                 | 6944.00     | 6933.00     | 6902.00     |                 |
| <b>1.03</b>                 | Peso de la muestra suelta           | g                 | 4949.00     | 4938.00     | 4907.00     |                 |
| <b>1.04</b>                 | Factor (f)                          |                   | 352.782     | 352.782     | 352.782     |                 |
| <b>1.05</b>                 | Peso Unitario Suelto                | g/cm <sup>3</sup> | 1.746       | 1.742       | 1.731       | 1.740           |
| <b>Peso Unitario Suelto</b> | <b>Kg/m<sup>3</sup></b>             |                   | <b>1746</b> | <b>1742</b> | <b>1731</b> | <b>1740</b>     |

**2 .00 Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203)**

| Ítem                            | Descripción                             | Und.                    | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio    |
|---------------------------------|---|-------------------------|---------|---------|---------|-------------|
| <b>2.01</b>                     | Peso del recipiente                     | g                       | 1995.00 | 1995.00 | 1995.00 |             |
| <b>2.02</b>                     | Peso de muestra Compactada + recipiente | g                       | 7691.00 | 7684.00 | 7659.00 |             |
| <b>2.03</b>                     | Peso de la muestra suelta               | g                       | 5696.00 | 5689.00 | 5664.00 |             |
| <b>2.04</b>                     | Factor (f)                              | 1/m3                    | 352.782 | 352.782 | 352.782 |             |
| <b>2.05</b>                     | Peso Unitario Compactado                | g/cm <sup>3</sup>       | 2.009   | 2.007   | 1.998   | 2.005       |
| <b>Peso Unitario Compactado</b> |   | <b>Kg/m<sup>3</sup></b> | 2009    | 2007    | 1998    | <b>2005</b> |

**3 .00 Peso Específico / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 205.**

| Ítem  | Descripción                              | Und.                   | M-1          | M-2          | M-3          | Promedio     |
|---|--|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 3.01  | Peso de fiola                            | g                      | 191.98       | 191.98       | 191.98       |              |
| 3.02  | Peso de la fiola +agua hasta menizco     | g                      | 689.50       | 689.50       | 689.50       |              |
| 3.03  | peso de la fiola +agua + muestra         | g                      | 1006.57      | 1007.20      | 1008.30      |              |
| 3.04  | Peso de la muestra superficialmente Seca | g                      | 500.00       | 500.00       | 500.00       |              |
| 3.05  | Peso de la muestra secada al horno       | g                      | 494.10       | 494.20       | 494.15       |              |
| 3.06  | volumen de agua añadida al frasco (g)    | g                      | 314.59       | 315.22       | 316.32       |              |
| <b>Peso Específico de Masa</b>                                |  | <b>g/m<sup>3</sup></b> | <b>2.665</b> | <b>2.675</b> | <b>2.690</b> | <b>2.680</b> |
| <b>Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco</b> |  | <b>g/m<sup>3</sup></b> | <b>2.697</b> | <b>2.706</b> | <b>2.722</b> | <b>2.710</b> |
| <b>Peso Específico de Aparente</b>                            |  | <b>g/m<sup>3</sup></b> | <b>2.752</b> | <b>2.761</b> | <b>2.779</b> | <b>2.760</b> |

**4 .00 Absorción (%) / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 205**

| Ítem                 | Descripción                              | Und.     | M-1          | M-2          | M-3          | Promedio     |
|----------------------|--|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>4.01</b>          | Peso de la muestra Superficialmente Seca | g        | 500.00       | 500.00       | 500.00       |              |
| <b>4.02</b>          | Peso de la muestra secada al horno       | g        | 494.10       | 494.20       | 494.15       |              |
| <b>Absorción (%)</b> |  | <b>%</b> | <b>1.194</b> | <b>1.174</b> | <b>1.184</b> | <b>1.200</b> |

**5 .00 Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 215 / NTP 339.185**

| Ítem                        | Descripción                          | Und. | M-1     | M-2     | M-3     | Promedio    |
|-----------------------------|--------------------------------------|------|---------|---------|---------|-------------|
| <b>5.01</b>                 | Peso del Recipiente                  | g    | 358.00  | 359.00  | 357.00  |             |
| <b>5.02</b>                 | Peso del Recipiente + muestra Humeda | g    | 1541.00 | 1221.00 | 1312.00 |             |
| <b>5.03</b>                 | Peso del Recipiente + muestra seca   | g    | 1524.00 | 1208.00 | 1297.00 |             |
| <b>Contenido de Humedad</b> | <b>W %</b>                           |      | 1.46    | 1.53    | 1.60    | <b>1.53</b> |

**MATERIAL MÁS FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 (ASTM.C -117 / NTP 400.018)**

**MATERIAL: RELAVE MINERO**

**1 .00 Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Fino**

| Ítem                                     | Descripción                                | Und. | M-1    | M-2    | M-3    | Promedio      |
|--|--|------|--------|--------|--------|---------------|
| <b>1.01</b>                              | Peso de Muestra Original                   | g    | 500.00 | 500.00 | 500.00 |               |
| <b>1.02</b>                              | Peso de la muestra Lavada                  | g    | 245.20 | 242.70 | 243.60 |               |
| <b>1.03</b>                              | Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200 | g    | 254.80 | 257.30 | 256.40 |               |
| <b>Material que Pasa el Tamiz N° 200</b> |  | %    | 50.96% | 51.46% | 51.28% | <b>51.20%</b> |

## 2B. Diseño de mezclas.

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

|               |   |
|---------------|---|
| <b>TESIS:</b> | "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA" |
|---------------|---|

|                 |                                   |                          |       |       |
|-----------------|-----------------------------------|--------------------------|-------|-------|
| <b>CEMENTO:</b> | PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C -150 | <b>PESO ESPECIFICO =</b> | 3.090 | g/cm3 |
|-----------------|-----------------------------------|--------------------------|-------|-------|

|                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| <b>PROCEDENCIA DE AGREGADOS:</b> | F'c = 130 Kg/cm2            |
| <b>AGREG. FINO</b>               | F'cr = 156 Kg/cm2           |
| <b>AGREG. GRUESO</b>             | HERMANOS ALAYA - CAJAMARCA. |

| CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS              |               |                 |       |
|---|---------------|-----------------|-------|
|   | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO |       |
| <b>TAMAÑO MAXIMO NOMINAL</b>                          |               | 3/8"            |       |
| <b>PESO ESPECIFICO DE MASA</b>                        | 2.620 g/cm3   | 2.600           | g/cm3 |
| <b>PESO ESPECIFICO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO</b> | 2.650 g/cm3   | 2.640           | g/cm3 |
| <b>PESO ESPECIFICO APARENTE</b>                       | 2.710 g/cm3   | 2.710           | g/cm3 |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>                           | 1701 Kg/m3    | 1261            | Kg/m3 |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>                       | 1841 Kg/m3    | 1374            | Kg/m3 |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>                       | 5.366         | 0.361           |       |
| <b>ABSORCION (%)</b>                                  | 1.300         | 1.500           |       |
| <b>MODULO DE FINURA</b>                               | 2.801         | 5.902           |       |
| <b>ABRASION (%)</b>                                   | ...           | 34.000          |       |
| <b>% QUE PASA MALLA Nº 200</b>                        | 2.300         | 0.600           |       |

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| <b>ASENTAMIENTO =</b>                 | 0"         |
| <b>CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =</b> | 80.0 Lt/m3 |
| <b>AIRE TOTAL (%) =</b>               | 3.0        |
| <b>RELACION A/Mc =</b>                | 0.420      |

|                  |              |      |           |
|------------------|--------------|------|-----------|
| <b>CEMENTO =</b> | 190.48 Kg/m3 | 4.48 | Bolsas/m3 |
|------------------|--------------|------|-----------|

| <b>METODO VOLUMENES ABSOLUTOS:</b> |                 |           |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| CEMENTO =                          | 0.061644        | m3        |
| AGUA DE MEZCLADO =                 | 0.08            | m3        |
| AIRE (%) =                         | 0.03            | m3        |
| SUMA =                             | 0.171644        | m3        |
| <b>VOLUMEN DE AGREGADOS =</b>      | <b>0.828356</b> | <b>m3</b> |

|                        |         |       |
|------------------------|---------|-------|
| AGREGADO FINO SECO =   | 1437.00 | Kg/m3 |
| AGREGADO GRUESO SECO = | 727.00  | Kg/m3 |

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| MODULO DE COMBINACION: | <b>3.848</b> |
| % AGREGADO FINO =      | <b>66.22</b> |
| % AGREGADO GRUESO =    | <b>33.78</b> |

|                          |
|--------------------------|
| APORTE HUMEDAD AGREGADOS |
| APORTE AF = 58.42        |
| APORTE AG = -8.28        |
| TOTAL = 50.14            |

#### MATERIALES DE DISEÑO

|                      |                |    |
|----------------------|----------------|----|
| CEMENTO              | <b>190.5</b>   | Kg |
| AGUA DE DISEÑO       | <b>80.00</b>   | Lt |
| AGREGADO FINO SECO   | <b>1437.00</b> | Kg |
| AGREGADO GRUESO SECO | <b>727.00</b>  | Kg |
| AIRE TOTAL           | <b>3.00</b>    | %  |

#### MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

|                        |                |    |
|------------------------|----------------|----|
| CEMENTO                | <b>190.5</b>   | Kg |
| AGUA EFECTIVA          | <b>29.9</b>    | Lt |
| AGREGADO FINO HUMEDO   | <b>1514.10</b> | Kg |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | <b>729.62</b>  | Kg |
| AIRE TOTAL             | <b>3.00</b>    | %  |

#### PROPORCION EN PESO

|             |             |              |
|-------------|-------------|--------------|
| CEMENTO =   | <b>1</b>    |              |
| A. FINO =   | <b>7.95</b> |              |
| A. GRUESO = | <b>3.83</b> |              |
| AGUA =      | <b>6.7</b>  | (Lt / Bolsa) |

#### PROPORCION EN VOLUMEN

|             |              |              |
|-------------|--------------|--------------|
| CEMENTO =   | <b>1</b>     |              |
| A. FINO =   | <b>6.66</b>  | 13.320       |
| A. GRUESO = | <b>4.50</b>  | 9.000        |
| AGUA =      | <b>6.660</b> | (Lt / Bolsa) |

|                                |                |           |
|--------------------------------|----------------|-----------|
| <b>TANDA:</b>                  | <b>0.015</b>   | <b>m3</b> |
| <b>CEMENTO:</b>                | <b>2857.2</b>  | <b>g</b>  |
| <b>AGUA EFECTIVA:</b>          | <b>447.9</b>   | <b>ml</b> |
| <b>AGREGADO FINO HUMEDO:</b>   | <b>22711.6</b> | <b>g</b>  |
| <b>AGREGADO GRUESO HUMEDO:</b> | <b>10944.3</b> | <b>g</b>  |

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (5%)**

|                 |   |                          |                    |
|-----------------|---|--------------------------|--------------------|
| <b>TESIS:</b>   | "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA" |                          |                    |
| <b>CEMENTO:</b> | PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C -150   | <b>PESO ESPECIFICO =</b> | <b>3.090</b> g/cm3 |

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>PROCEDENCIA DE AGREGADOS:</b>          | F'c = 130 Kg/cm2  |
| AGREG. FINO HERMANOS ALAYA - CAJAMARCA.   | F'cr = 156 Kg/cm2 |
| AGREG. GRUESO HERMANOS ALAYA - CAJAMARCA. |                   |

| <b>CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS</b> |             | <b>AGREGADO FINO</b> | <b>AGREGADO GRUESO</b> | <b>RELAVE MINERO</b> |
|---|-------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| <b>TAMAÑO MAXIMO NOMINAL</b>                    | N°4         | 3/8"                 |                        | N°8                  |
| <b>PESO ESPECIFICO DE MASA</b>                  | 2.620 g/cm3 | 2.600 g/cm3          |                        | 2.680 g/cm3          |
| <b>PESO ESPECIFICO S.S.S.</b>                   | 2.650 g/cm3 | 2.640 g/cm3          |                        | 2.710                |
| <b>PESO ESPECIFICO APARENTE</b>                 | 2.710 g/cm3 | 2.710 g/cm3          |                        | 2.760                |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>                     | 1701 Kg/m3  | 1261 Kg/m3           |                        | 1740 Kg/m3           |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>                 | 1841 Kg/m3  | 1374 Kg/m3           |                        | 2005                 |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>                 | 5.366       | 0.361                |                        | 1.528                |
| <b>ABSORCION (%)</b>                            | 1.300       | 1.500                |                        | 1.200                |
| <b>MODULO DE FINURA</b>                         | 2.801       | 5.902                |                        | 0.249                |
| <b>ABRASION (%)</b>                             | ...         | 34.00                |                        | ...                  |
| <b>% QUE PASA MALLA N° 200</b>                  | 2.300       | 0.600                |                        |                      |

|                                       |          |                              |        |
|---------------------------------------|----------|------------------------------|--------|
| <b>ASENTAMIENTO =</b>                 | 0"       | <b>VACÍOS =</b>              | 47.169 |
| <b>CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =</b> | 80 Lt/m3 | <b>VACIOS POR CORREGIR =</b> | 12.169 |
| <b>AIRE TOTAL (%) =</b>               | 3.0      | <b>FCORR. MC=</b>            | 0.243  |
| <b>RELACION A/Mc =</b>                | 0.420    |                              |        |

|                  |              |             |           |
|------------------|--------------|-------------|-----------|
| <b>CEMENTO =</b> | 190.48 Kg/m3 | <b>4.48</b> | Bolsas/m3 |
|------------------|--------------|-------------|-----------|

| <b>METODO VOLUMENES ABSOLUTOS:</b> |                 |    |  |
|------------------------------------|-----------------|----|--|
| CEMENTO =                          | 0.061644        | m3 |  |
| AGUA DE MEZCLADO =                 | 0.08            | m3 |  |
| AIRE (%) =                         | 0.03            | m3 |  |
| SUMA =                             | 0.171644        | m3 |  |
| <b>VOLUMEN DE AGREGADOS =</b>      | <b>0.828356</b> | m3 |  |

|                            |  |              |       |
|----------------------------|--|--------------|-------|
| AGREGADO FINO SECO TOTAL = |  | 1608.00      | Kg/m3 |
| AGREGADO GRUESO SECO=      |  | 558.00       | Kg/m3 |
| RELAVE SECO SECO=          |  | <b>82.87</b> |       |

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| MODULO DE COMBINACION:           | <b>3.848</b> |
| MODULO DE COMBINACION CORREGIDO: | <b>3.605</b> |
| % AGREGADO FINO =                | <b>74.07</b> |
| % AGREGADO GRUESO =              | <b>25.93</b> |

| APORTE HUMEDAD AGREGADOS |       |
|--------------------------|-------|
| APORTE AF =              | 65.37 |
| APORTE AG =              | -6.36 |
| APORTE RELAVE =          | 0.27  |
| TOTAL =                  | -6.08 |

| MATERIALES DE DISEÑO           |         |    | MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD    |         |    |
|--------------------------------|---------|----|--------------------------------------|---------|----|
| CEMENTO                        | 190.5   | Kg | CEMENTO                              | 190.5   | Kg |
| CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO = | 80.00   | Lt | AGUA EFECTIVA                        | 79.7    | Lt |
| AGREGADO FINO PARCIAL          | 1527.60 | Kg | AGREGADO FINO HUMEDO                 | 1609.56 | Kg |
| RELAVE MINERO                  | 82.87   | Kg | RELAVE MINERO AGREGADO GRUESO HUMEDO | 84.14   | Kg |
| AGREGADO GRUESO SECO=          | 558.00  | Kg | AGREGADO GRUESO HUMEDO               | 560.01  | Kg |
| AIRE TOTAL                     | 3.00    | %  | AIRE TOTAL                           | 3.00    | %  |

| PROPORCION EN PESO        | PROPORCION EN VOLUMEN     |  |
|---------------------------|---------------------------|--|
| CEMENTO = 1               | CEMENTO = 1               |  |
| A. FINO = 8.45            | A. FINO = 7.076           |  |
| A. GRUESO = 2.94          | A. GRUESO = 3.488         |  |
| AGUA = 17.79 (Lt / Bolsa) | AGUA = 17.79 (Lt / Bolsa) |  |

|                                |                |           |
|--------------------------------|----------------|-----------|
| <b>TANDA:</b>                  | <b>0.015</b>   | <b>m3</b> |
| <b>CEMENTO:</b>                | <b>2857.2</b>  | <b>g</b>  |
| <b>AGUA EFECTIVA:</b>          | <b>1195.9</b>  | <b>ml</b> |
| <b>AGREGADO FINO HUMEDO:</b>   | <b>24143.5</b> | <b>g</b>  |
| <b>RELAVE MINERO</b>           | <b>1262.1</b>  | <b>g</b>  |
| <b>AGREGADO GRUESO HUMEDO:</b> | <b>8400.2</b>  | <b>g</b>  |

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (10%)**

|                 |   |                          |             |
|-----------------|---|--------------------------|-------------|
| <b>TESIS:</b>   | "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA" |                          |             |
| <b>CEMENTO:</b> | PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C -150   | <b>PESO ESPECIFICO =</b> | 3.090 g/cm3 |

|  |        |     |        |
|--|--------|-----|--------|
| <b>PROCEDENCIA DE AGREGADOS:</b>                 | F'c =  | 130 | Kg/cm2 |
| <b>AGREG. FINO</b> HERMANOS ALAYA - CAJAMARCA.   | F'cr = | 156 | Kg/cm2 |
| <b>AGREG. GRUESO</b> HERMANOS ALAYA - CAJAMARCA. |        |     |        |

| <b>CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS</b> |             | <b>AGREGADO FINO</b> | <b>AGREGADO GRUESO</b> | <b>RELAVE MINERO</b> |
|---|-------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| <b>TAMAÑO MAXIMO NOMINAL</b>                    | Nº4         | 3/8"                 |                        | Nº8                  |
| <b>PESO ESPECIFICO DE MASA</b>                  | 2.620 g/cm3 | 2.600                | g/cm3                  | 2.680 g/cm3          |
| <b>PESO ESPECIFICO S.S.S.</b>                   | 2.650 g/cm3 | 2.640                | g/cm3                  | 2.710                |
| <b>PESO ESPECIFICO APARENTE</b>                 | 2.710 g/cm3 | 2.710                | g/cm3                  | 2.760                |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>                     | 1701 Kg/m3  | 1261                 | Kg/m3                  | 1740 Kg/m3           |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>                 | 1841 Kg/m3  | 1374                 | Kg/m3                  | 2005                 |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>                 | 5.366       | 0.361                |                        | 1.528                |
| <b>ABSORCION (%)</b>                            | 1.300       | 1.500                |                        | 1.200                |
| <b>MODULO DE FINURA</b>                         | 2.801       | 5.902                |                        | 0.249                |
| <b>ABRASION (%)</b>                             | ...         | 34.00                |                        | ...                  |
| <b>% QUE PASA MALLA Nº 200</b>                  | 2.300       | 0.600                |                        |                      |

|                                       |                 |                              |        |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------------|--------|
| <b>ASENTAMIENTO =</b>                 | <b>0"</b>       | <b>VACÍOS =</b>              | 47.169 |
| <b>CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =</b> | <b>80 Lt/m3</b> | <b>VACIOS POR CORREGIR =</b> | 12.169 |
| <b>AIRE TOTAL (%) =</b>               | <b>3.0</b>      | <b>FCORR. MC=</b>            | 0.243  |
| <b>RELACION A/Mc =</b>                | <b>0.420</b>    |                              |        |

|                  |              |      |           |
|------------------|--------------|------|-----------|
| <b>CEMENTO =</b> | 190.48 Kg/m3 | 4.48 | Bolsas/m3 |
|------------------|--------------|------|-----------|

| <b>METODO VOLUMENES ABSOLUTOS:</b> |                 |    |
|------------------------------------|-----------------|----|
| CEMENTO =                          | 0.061644        | m3 |
| AGUA DE MEZCLADO =                 | 0.08            | m3 |
| AIRE (%) =                         | 0.03            | m3 |
| SUMA =                             | 0.171644        | m3 |
| <b>VOLUMEN DE AGREGADOS =</b>      | <b>0.828356</b> | m3 |

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| MODULO DE COMBINACION:           | <b>3.848</b> |
| MODULO DE COMBINACION CORREGIDO: | <b>3.605</b> |
| % AGREGADO FINO =                | <b>74.07</b> |
| % AGREGADO GRUESO =              | <b>25.93</b> |

|                            |               |       |
|----------------------------|---------------|-------|
| AGREGADO FINO SECO TOTAL = | 1608.00       | Kg/m3 |
| AGREGADO GRUESO SECO=      | 558.00        | Kg/m3 |
| RELAVE SECO SECO=          | <b>164.48</b> |       |

| APORTE HUMEDAD AGREGADOS |       |
|--------------------------|-------|
| APORTE AF =              | 65.37 |
| APORTE AG =              | -6.36 |
| APORTE RELAVE =          | 0.54  |
| TOTAL =                  | -5.82 |

**MATERIALES DE DISEÑO**

|                                |         |    |
|--------------------------------|---------|----|
| CEMENTO                        | 190.5   | Kg |
| CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO = | 80.00   | Lt |
| AGREGADO FINO PARCIAL          | 1447.20 | Kg |
| RELAVE MINERO                  | 164.48  | Kg |
| AGREGADO GRUESO SECO=          | 558.00  | Kg |
| AIRE TOTAL                     | 3.00    | %  |

**MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD**

|                        |         |    |
|------------------------|---------|----|
| CEMENTO                | 190.5   | Kg |
| AGUA EFECTIVA          | 79.5    | Lt |
| AGREGADO FINO HUMEDO   | 1524.85 | Kg |
| RELAVE MINERO          | 167.00  | Kg |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | 560.01  | Kg |
| AIRE TOTAL             | 3.00    | %  |

**PROPORCION EN PESO**

|             |              |              |
|-------------|--------------|--------------|
| CEMENTO =   | 1            |              |
| A. FINO =   | <b>8.01</b>  |              |
| A. GRUESO = | <b>2.94</b>  |              |
| AGUA =      | <b>17.73</b> | (Lt / Bolsa) |

**PROPORCION EN VOLUMEN**

|             |              |              |
|-------------|--------------|--------------|
| CEMENTO =   | 1            |              |
| A. FINO =   | <b>6.704</b> |              |
| A. GRUESO = | <b>3.488</b> |              |
| AGUA =      | <b>17.73</b> | (Lt / Bolsa) |

|                                |                |           |
|--------------------------------|----------------|-----------|
| <b>TANDA:</b>                  | <b>0.015</b>   | <b>m3</b> |
| <b>CEMENTO:</b>                | <b>2857.2</b>  | <b>g</b>  |
| <b>AGUA EFECTIVA:</b>          | <b>1191.9</b>  | <b>ml</b> |
| <b>AGREGADO FINO HUMEDO:</b>   | <b>22872.8</b> | <b>g</b>  |
| <b>RELAVE MINERO</b>           | <b>2504.9</b>  | <b>g</b>  |
| <b>AGREGADO GRUESO HUMEDO:</b> | <b>8400.2</b>  | <b>g</b>  |

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (15%)**

|                 |   |                          |                    |
|-----------------|---|--------------------------|--------------------|
| <b>TESIS:</b>   | "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA" |                          |                    |
| <b>CEMENTO:</b> | PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C -150   | <b>PESO ESPECIFICO =</b> | <b>3.090</b> g/cm3 |

|  |                   |
|--|-------------------|
| <b>PROCEDENCIA DE AGREGADOS:</b>                 | F'c = 130 Kg/cm2  |
| <b>AGREG. FINO</b> HERMANOS ALAYA - CAJAMARCA.   | F'cr = 156 Kg/cm2 |
| <b>AGREG. GRUESO</b> HERMANOS ALAYA - CAJAMARCA. |                   |

| <b>CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS</b> |                    | <b>AGREGADO FINO</b> | <b>AGREGADO GRUESO</b> | <b>RELAVE MINERO</b> |
|---|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| <b>TAMAÑO MAXIMO NOMINAL</b>                    | Nº4                | 3/8"                 |                        | Nº8                  |
| <b>PESO ESPECIFICO DE MASA</b>                  | <b>2.620</b> g/cm3 | <b>2.600</b> g/cm3   | <b>2.680</b> g/cm3     |                      |
| <b>PESO ESPECIFICO S.S.S.</b>                   | <b>2.650</b> g/cm3 | <b>2.640</b> g/cm3   | <b>2.710</b> g/cm3     |                      |
| <b>PESO ESPECIFICO APARENTE</b>                 | <b>2.710</b> g/cm3 | <b>2.710</b> g/cm3   | <b>2.760</b> g/cm3     |                      |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>                     | <b>1701</b> Kg/m3  | <b>1261</b> Kg/m3    | <b>1740</b> Kg/m3      |                      |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>                 | <b>1841</b> Kg/m3  | <b>1374</b> Kg/m3    | <b>2005</b> Kg/m3      |                      |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>                 | <b>5.366</b>       | <b>0.361</b>         | <b>1.528</b>           |                      |
| <b>ABSORCION (%)</b>                            | <b>1.300</b>       | <b>1.500</b>         | <b>1.200</b>           |                      |
| <b>MODULO DE FINURA</b>                         | <b>2.801</b>       | <b>5.902</b>         | <b>0.249</b>           |                      |
| <b>ABRASION (%)</b>                             | ...                | <b>34.00</b>         | ...                    |                      |
| <b>% QUE PASA MALLA Nº 200</b>                  | <b>2.300</b>       | <b>0.600</b>         |                        |                      |

|                                       |                 |                              |               |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------------|---------------|
| <b>ASENTAMIENTO =</b>                 | <b>0"</b>       | <b>VACÍOS =</b>              | <b>47.169</b> |
| <b>CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =</b> | <b>80</b> Lt/m3 | <b>VACIOS POR CORREGIR =</b> | <b>12.169</b> |
| <b>AIRE TOTAL (%) =</b>               | <b>3.0</b>      | <b>FCORR. MC=</b>            | <b>0.243</b>  |
| <b>RELACION A/Mc =</b>                | <b>0.420</b>    |                              |               |

|                  |                     |                       |
|------------------|---------------------|-----------------------|
| <b>CEMENTO =</b> | <b>190.48</b> Kg/m3 | <b>4.48</b> Bolsas/m3 |
|------------------|---------------------|-----------------------|

| <b>METODO VOLUMENES ABSOLUTOS:</b> |                 |    |  |
|------------------------------------|-----------------|----|--|
| CEMENTO =                          | 0.061644        | m3 |  |
| AGUA DE MEZCLADO =                 | 0.08            | m3 |  |
| AIRE (%) =                         | 0.03            | m3 |  |
| SUMA =                             | 0.171644        | m3 |  |
| <b>VOLUMEN DE AGREGADOS =</b>      | <b>0.828356</b> | m3 |  |

|                            |  |               |       |
|----------------------------|--|---------------|-------|
| AGREGADO FINO SECO TOTAL = |  | 1608.00       | Kg/m3 |
| AGREGADO GRUESO SECO=      |  | 558.00        | Kg/m3 |
| RELAVE SECO SECO=          |  | <b>246.72</b> |       |

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| MODULO DE COMBINACION:           | <b>3.848</b> |
| MODULO DE COMBINACION CORREGIDO: | <b>3.605</b> |
| % AGREGADO FINO =                | <b>74.07</b> |
| % AGREGADO GRUESO =              | <b>25.93</b> |

| APORTE HUMEDAD AGREGADOS |       |
|--------------------------|-------|
| APORTE AF =              | 65.37 |
| APORTE AG =              | -6.36 |
| APORTE RELAVE =          | 0.81  |
| TOTAL =                  | -5.55 |

#### MATERIALES DE DISEÑO

|                                |         |    |
|--------------------------------|---------|----|
| CEMENTO                        | 190.5   | Kg |
| CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO = | 80.00   | Lt |
| AGREGADO FINO PARCIAL          | 1366.80 | Kg |
| RELAVE MINERO                  | 246.72  | Kg |
| AGREGADO GRUESO SECO=          | 558.00  | Kg |
| AIRE TOTAL                     | 3.00    | %  |

#### MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

|                        |         |    |
|------------------------|---------|----|
| CEMENTO                | 190.5   | Kg |
| AGUA EFECTIVA          | 79.2    | Lt |
| AGREGADO FINO HUMEDO   | 1440.14 | Kg |
| RELAVE MINERO          | 250.49  | Kg |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | 560.01  | Kg |
| AIRE TOTAL             | 3.00    | %  |

#### PROPORCION EN PESO

|             |       |              |
|-------------|-------|--------------|
| CEMENTO =   | 1     |              |
| A. FINO =   | 7.56  |              |
| A. GRUESO = | 2.94  |              |
| AGUA =      | 17.67 | (Lt / Bolsa) |

#### PROPORCION EN VOLUMEN

|             |       |              |
|-------------|-------|--------------|
| CEMENTO =   | 1     |              |
| A. FINO =   | 6.331 |              |
| A. GRUESO = | 3.488 |              |
| AGUA =      | 17.67 | (Lt / Bolsa) |

|                         |         |    |
|-------------------------|---------|----|
| TANDA:                  | 0.015   | m3 |
| CEMENTO:                | 2857.2  | g  |
| AGUA EFECTIVA:          | 1187.8  | ml |
| AGREGADO FINO HUMEDO:   | 21602.1 | g  |
| RELAVE MINERO:          | 3757.4  | g  |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO: | 8400.2  | g  |

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (20%)**

|                 |   |                          |             |
|-----------------|---|--------------------------|-------------|
| <b>TESIS:</b>   | "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA" |                          |             |
| <b>CEMENTO:</b> | PACASMAYO TIPO I - A.S.T.M.C -150   | <b>PESO ESPECIFICO =</b> | 3.090 g/cm3 |

|  |                   |
|--|-------------------|
| <b>PROCEDENCIA DE AGREGADOS:</b>                 | F'c = 130 Kg/cm2  |
| <b>AGREG. FINO</b> HERMANOS ALAYA - CAJAMARCA.   | F'cr = 156 Kg/cm2 |
| <b>AGREG. GRUESO</b> HERMANOS ALAYA - CAJAMARCA. |                   |

| <b>CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS</b> |             | <b>AGREGADO FINO</b> | <b>AGREGADO GRUESO</b> | <b>RELAVE MINERO</b> |
|---|-------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| <b>TAMAÑO MAXIMO NOMINAL</b>                    | N°4         | 3/8"                 |                        | N°8                  |
| <b>PESO ESPECIFICO DE MASA</b>                  | 2.620 g/cm3 | 2.600                | g/cm3                  | 2.680 g/cm3          |
| <b>PESO ESPECIFICO S.S.S.</b>                   | 2.650 g/cm3 | 2.640                | g/cm3                  | 2.710                |
| <b>PESO ESPECIFICO APARENTE</b>                 | 2.710 g/cm3 | 2.710                | g/cm3                  | 2.760                |
| <b>PESO UNITARIO SUELTO</b>                     | 1701 Kg/m3  | 1261                 | Kg/m3                  | 1740 Kg/m3           |
| <b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>                 | 1841 Kg/m3  | 1374                 | Kg/m3                  | 2005                 |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>                 | 5.366       | 0.361                |                        | 1.528                |
| <b>ABSORCION (%)</b>                            | 1.300       | 1.500                |                        | 1.200                |
| <b>MODULO DE FINURA</b>                         | 2.801       | 5.902                |                        | 0.249                |
| <b>ABRASION (%)</b>                             | ...         | 34.00                |                        | ...                  |
| <b>% QUE PASA MALLA N° 200</b>                  | 2.300       | 0.600                |                        |                      |

|                                       |          |                              |        |
|---------------------------------------|----------|------------------------------|--------|
| <b>ASENTAMIENTO =</b>                 | 0"       | <b>VACÍOS =</b>              | 47.169 |
| <b>CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO =</b> | 80 Lt/m3 | <b>VACIOS POR CORREGIR =</b> | 12.169 |
| <b>AIRE TOTAL (%) =</b>               | 3.0      | <b>FCORR. MC=</b>            | 0.243  |
| <b>RELACION A/Mc =</b>                | 0.420    |                              |        |

|                  |              |             |           |
|------------------|--------------|-------------|-----------|
| <b>CEMENTO =</b> | 190.48 Kg/m3 | <b>4.48</b> | Bolsas/m3 |
|------------------|--------------|-------------|-----------|

| <b>METODO VOLUMENES ABSOLUTOS:</b> |  |                 |    |
|------------------------------------|--|-----------------|----|
| CEMENTO =                          |  | 0.061644        | m3 |
| AGUA DE MEZCLADO =                 |  | 0.08            | m3 |
| AIRE (%) =                         |  | 0.03            | m3 |
| SUMA =                             |  | 0.171644        | m3 |
| <b>VOLUMEN DE AGREGADOS =</b>      |  | <b>0.828356</b> | m3 |

|                            |  |               |       |
|----------------------------|--|---------------|-------|
| AGREGADO FINO SECO TOTAL = |  | 1608.00       | Kg/m3 |
| AGREGADO GRUESO SECO=      |  | 558.00        | Kg/m3 |
| RELAVE SECO SECO=          |  | <b>328.96</b> |       |

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| MODULO DE COMBINACION:           | <b>3.848</b> |
| MODULO DE COMBINACION CORREGIDO: | <b>3.605</b> |
| % AGREGADO FINO =                | <b>74.07</b> |
| % AGREGADO GRUESO =              | <b>25.93</b> |

| APORTE HUMEDAD AGREGADOS |       |
|--------------------------|-------|
| APORTE AF =              | 65.37 |
| APORTE AG =              | -6.36 |
| APORTE RELAVE =          | 1.08  |
| TOTAL =                  | -5.28 |

#### MATERIALES DE DISEÑO

|                                |         |    |
|--------------------------------|---------|----|
| CEMENTO                        | 190.5   | Kg |
| CANTIDAD DE AGUA DE MEZCLADO = | 80.00   | Lt |
| AGREGADO FINO PARCIAL          | 1286.40 | Kg |
| RELAVE MINERO                  | 328.96  | Kg |
| AGREGADO GRUESO SECO=          | 558.00  | Kg |
| AIRE TOTAL                     | 3.00    | %  |

#### MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

|                        |         |    |
|------------------------|---------|----|
| CEMENTO                | 190.5   | Kg |
| AGUA EFECTIVA          | 78.9    | Lt |
| AGREGADO FINO HUMEDO   | 1355.42 | Kg |
| RELAVE MINERO          | 333.99  | Kg |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO | 560.01  | Kg |
| AIRE TOTAL             | 3.00    | %  |

#### PROPORCION EN PESO

|             |              |              |
|-------------|--------------|--------------|
| CEMENTO =   | 1            |              |
| A. FINO =   | <b>7.12</b>  |              |
| A. GRUESO = | <b>2.94</b>  |              |
| AGUA =      | <b>17.61</b> | (Lt / Bolsa) |

#### PROPORCION EN VOLUMEN

|             |              |              |
|-------------|--------------|--------------|
| CEMENTO =   | 1            |              |
| A. FINO =   | <b>5.959</b> |              |
| A. GRUESO = | <b>3.488</b> |              |
| AGUA =      | <b>17.61</b> | (Lt / Bolsa) |

|                         |         |    |
|-------------------------|---------|----|
| TANDA:                  | 0.015   | m3 |
| CEMENTO:                | 2857.2  | g  |
| AGUA EFECTIVA:          | 1183.8  | ml |
| AGREGADO FINO HUMEDO:   | 20331.3 | g  |
| RELAVE MINERO           | 5009.9  | g  |
| AGREGADO GRUESO HUMEDO: | 8400.2  | g  |

## 2C. Ensayos de Ladrillos de concreto.

| <b>ENsayos de Unidades de Albañilería: LADRILLOS DE CONCRETO</b> |   |
|--|---|
| <b>NTP 339.604</b>   |   |
| TESIS:   | "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA" |

### I. VARIABILIDAD DIMENSIONAL DEL LADRILLO

| Muestra                     | Longitud (mm) |       |       |       |       | Ancho (mm)                  |       |       |       |       | Altura (mm)                 |      |      |      |      |
|-----------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|------|------|------|------|
|                             | L1            | L2    | L3    | L4    | Lo    | A1                          | A2    | A3    | A4    | Ao    | H1                          | H2   | H3   | H4   | Ho   |
| M - P1                      | 240.0         | 239.0 | 238.0 | 239.0 | 239.0 | 130.0                       | 130.1 | 129.0 | 129.0 | 129.5 | 90.0                        | 88.0 | 89.0 | 89.0 | 89.0 |
| M - P2                      | 239.0         | 240.0 | 238.0 | 240.0 | 239.3 | 130.0                       | 130.4 | 128.0 | 128.0 | 129.1 | 92.4                        | 89.0 | 87.0 | 88.0 | 89.1 |
| M - P3                      | 237.0         | 239.0 | 237.0 | 239.0 | 238.0 | 129.9                       | 130.7 | 127.0 | 127.0 | 128.7 | 91.0                        | 90.0 | 88.0 | 87.0 | 89.0 |
| M - P4                      | 240.7         | 238.9 | 238.0 | 238.0 | 238.9 | 132.1                       | 131.8 | 129.0 | 131.0 | 131.0 | 90.0                        | 88.0 | 89.0 | 90.0 | 89.3 |
| M - P5                      | 239.5         | 240.0 | 237.0 | 238.0 | 238.6 | 132.1                       | 130.0 | 130.0 | 130.0 | 130.5 | 89.0                        | 90.0 | 90.0 | 91.0 | 90.0 |
| Longitud teórica L:         |               |       |       |       | 240.0 | Ancho teórico A:            |       |       |       | 130.0 | Altura teórica H:           |      |      |      | 90.0 |
| Desviación $\sigma$ :       |               |       |       |       | 0.48  | Desviación $\sigma$ :       |       |       |       | 0.97  | Desviación $\sigma$ :       |      |      |      | 0.42 |
| Longitud promedio           |               |       |       |       | 238.8 | Ancho promedio              |       |       |       | 129.8 | Altura promedio             |      |      |      | 89.3 |
| Variabilidad dimensional %: |               |       |       |       | 0.52  | Variabilidad dimensional %: |       |       |       | 0.19  | Variabilidad dimensional %: |      |      |      | 0.81 |

| Muestra                     | Longitud (mm) |       |       |       |       | Ancho (mm)                  |       |       |       |       | Altura (mm)                 |      |      |      |      |
|-----------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|------|------|------|------|
|                             | L1            | L2    | L3    | L4    | Lo    | A1                          | A2    | A3    | A4    | Ao    | H1                          | H2   | H3   | H4   | Ho   |
| M1 - 5%                     | 239.7         | 240.9 | 241.0 | 240.0 | 240.4 | 128.1                       | 129.0 | 130.0 | 130.0 | 129.3 | 92.0                        | 92.5 | 88.0 | 91.0 | 90.9 |
| M2 - 5%                     | 238.0         | 241.8 | 240.0 | 239.0 | 239.7 | 129.9                       | 129.9 | 131.0 | 131.0 | 130.5 | 91.0                        | 90.0 | 88.0 | 92.0 | 90.3 |
| M3 - 5%                     | 240.0         | 240.8 | 240.0 | 238.0 | 239.7 | 129.1                       | 129.4 | 128.0 | 132.0 | 129.6 | 90.0                        | 88.0 | 89.0 | 90.0 | 89.3 |
| M4 - 5%                     | 240.9         | 239.5 | 241.0 | 237.0 | 239.6 | 129.6                       | 128.4 | 127.0 | 129.0 | 128.5 | 89.0                        | 89.0 | 90.0 | 89.0 | 89.3 |
| M5 - 5%                     | 241.0         | 239.0 | 240.0 | 239.0 | 239.8 | 129.2                       | 130.4 | 131.0 | 128.0 | 129.7 | 88.0                        | 89.0 | 91.0 | 89.0 | 89.3 |
| Longitud teórica L:         |               |       |       |       | 240.0 | Ancho teórico A:            |       |       |       | 130.0 | Altura teórica H:           |      |      |      | 90.0 |
| Desviación $\sigma$ :       |               |       |       |       | 0.32  | Desviación $\sigma$ :       |       |       |       | 0.71  | Desviación $\sigma$ :       |      |      |      | 0.75 |
| Longitud promedio           |               |       |       |       | 239.8 | Ancho promedio              |       |       |       | 129.5 | Altura promedio             |      |      |      | 89.8 |
| Variabilidad dimensional %: |               |       |       |       | 0.07  | Variabilidad dimensional %: |       |       |       | 0.38  | Variabilidad dimensional %: |      |      |      | 0.25 |

| Muestra                     | Longitud (mm) |       |       |       |       | Ancho (mm)                  |       |       |       |       | Altura (mm)                 |      |      |      |      |
|-----------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|------|------|------|------|
|                             | L1            | L2    | L3    | L4    | Lo    | A1                          | A2    | A3    | A4    | Ao    | H1                          | H2   | H3   | H4   | Ho   |
| M1-10%                      | 239.5         | 240.1 | 238.0 | 239.0 | 239.2 | 130.6                       | 129.0 | 130.0 | 129.0 | 129.7 | 90.1                        | 91.0 | 90.0 | 91.0 | 90.5 |
| M2-10%                      | 239.3         | 237.5 | 239.0 | 238.0 | 238.5 | 130.4                       | 129.7 | 131.0 | 128.0 | 129.8 | 90.2                        | 90.0 | 88.0 | 92.0 | 90.1 |
| M3-10%                      | 241.0         | 239.0 | 241.0 | 237.0 | 239.5 | 130.9                       | 129.5 | 130.0 | 127.0 | 129.4 | 90.0                        | 88.0 | 87.0 | 90.0 | 88.8 |
| M4-10%                      | 241.0         | 241.5 | 241.0 | 240.0 | 240.9 | 131.4                       | 129.7 | 132.0 | 132.0 | 131.3 | 90.3                        | 87.0 | 88.0 | 93.0 | 89.6 |
| M5-10%                      | 239.3         | 239.0 | 240.0 | 241.0 | 239.8 | 130.4                       | 129.2 | 130.0 | 129.5 | 129.8 | 88.0                        | 88.0 | 90.0 | 92.0 | 89.5 |
| Longitud teórica L:         |               |       |       |       | 240.0 | Ancho teórico A:            |       |       |       | 130.0 | Altura teórica H:           |      |      |      | 90.0 |
| Desviación $\sigma$ :       |               |       |       |       | 0.89  | Desviación $\sigma$ :       |       |       |       | 0.75  | Desviación $\sigma$ :       |      |      |      | 0.66 |
| Longitud promedio           |               |       |       |       | 239.6 | Ancho promedio              |       |       |       | 130.0 | Altura promedio             |      |      |      | 89.7 |
| Variabilidad dimensional %: |               |       |       |       | 0.18  | Variabilidad dimensional %: |       |       |       | 0.03  | Variabilidad dimensional %: |      |      |      | 0.36 |

| Muestra                     | Longitud (mm) |       |       |       |       | Ancho (mm)                  |       |       |       |       | Altura (mm)                 |      |      |      |      |
|-----------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|------|------|------|------|
|                             | L1            | L2    | L3    | L4    | Lo    | A1                          | A2    | A3    | A4    | Ao    | H1                          | H2   | H3   | H4   | Ho   |
| M1-15%                      | 238.8         | 240.0 | 241.0 | 240.0 | 240.0 | 132.2                       | 129.4 | 128.0 | 132.0 | 130.4 | 90.1                        | 90.3 | 90.0 | 89.9 | 90.1 |
| M2-15%                      | 239.0         | 241.0 | 242.0 | 239.0 | 240.3 | 129.0                       | 131.8 | 128.0 | 133.0 | 130.5 | 90.3                        | 90.6 | 88.0 | 90.3 | 89.8 |
| M3-15%                      | 239.1         | 238.5 | 239.0 | 238.0 | 238.7 | 130.7                       | 129.5 | 129.0 | 130.0 | 129.8 | 89.7                        | 90.2 | 87.0 | 89.8 | 89.2 |
| M4-15%                      | 238.6         | 239.1 | 238.0 | 237.0 | 238.2 | 130.5                       | 129.5 | 131.0 | 129.0 | 130.0 | 91.4                        | 91.4 | 88.0 | 90.8 | 90.4 |
| M5-15%                      | 239.0         | 239.8 | 237.0 | 238.0 | 238.5 | 130.0                       | 129.8 | 130.0 | 127.0 | 129.2 | 90.3                        | 91.1 | 89.0 | 91.6 | 90.5 |
| Longitud teórica L:         |               |       |       |       | 240.0 | Ancho teórico A:            |       |       |       | 130.0 | Altura teórica H:           |      |      |      | 90.0 |
| Desviación $\sigma$ :       |               |       |       |       | 0.94  | Desviación $\sigma$ :       |       |       |       | 0.51  | Desviación $\sigma$ :       |      |      |      | 0.53 |
| Longitud promedio           |               |       |       |       | 239.1 | Ancho promedio              |       |       |       | 130.0 | Altura promedio             |      |      |      | 90.0 |
| Variabilidad dimensional %: |               |       |       |       | 0.38  | Variabilidad dimensional %: |       |       |       | 0.02  | Variabilidad dimensional %: |      |      |      | 0.01 |

| Muestra                     | Longitud (mm) |       |       |       |       | Ancho (mm)                  |       |       |       |       | Altura (mm)                 |      |      |      |      |
|-----------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|------|------|------|------|
|                             | L1            | L2    | L3    | L4    | Lo    | A1                          | A2    | A3    | A4    | Ao    | H1                          | H2   | H3   | H4   | Ho   |
| M1-20%                      | 239.5         | 240.0 | 238.0 | 242.0 | 239.9 | 130.1                       | 131.0 | 130.0 | 130.0 | 130.3 | 90.0                        | 90.0 | 89.0 | 89.9 | 89.7 |
| M2-20%                      | 239.6         | 237.8 | 237.0 | 241.0 | 238.9 | 129.9                       | 128.5 | 128.0 | 131.0 | 129.4 | 90.3                        | 89.8 | 89.2 | 88.5 | 89.5 |
| M3-20%                      | 240.5         | 241.0 | 241.0 | 239.0 | 240.4 | 131.0                       | 129.8 | 127.0 | 132.0 | 130.0 | 89.0                        | 90.0 | 89.8 | 90.0 | 89.7 |
| M4-20%                      | 239.2         | 238.7 | 240.0 | 238.0 | 239.0 | 130.1                       | 129.8 | 128.0 | 129.0 | 129.2 | 90.8                        | 91.2 | 91.0 | 89.0 | 90.5 |
| M5-20%                      | 238.5         | 239.0 | 241.0 | 238.0 | 239.1 | 130.2                       | 130.4 | 129.0 | 128.0 | 129.4 | 91.1                        | 90.0 | 90.0 | 89.0 | 90.0 |
| Longitud teórica L:         |               |       |       |       | 240.0 | Ancho teórico A:            |       |       |       | 130.0 | Altura teórica H:           |      |      |      | 90.0 |
| Desviación $\sigma$ :       |               |       |       |       | 0.66  | Desviación $\sigma$ :       |       |       |       | 0.45  | Desviación $\sigma$ :       |      |      |      | 0.40 |
| Longitud promedio           |               |       |       |       | 239.4 | Ancho promedio              |       |       |       | 129.6 | Altura promedio             |      |      |      | 89.9 |
| Variabilidad dimensional %: |               |       |       |       | 0.23  | Variabilidad dimensional %: |       |       |       | 0.28  | Variabilidad dimensional %: |      |      |      | 0.13 |

| <b>ENSAYOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: LADRILLOS DE CONCRETO</b> |   |
|--|---|
| <b>NTP 339.613</b>   |   |
| <b>TESIS:</b>  | "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA" |

## **II. ALABEO DEL LADRILLO**

| <b>Muestra</b>  | <b>Cara superior</b> |                     | <b>Cara inferior</b> |                     |
|-----------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|                 | <b>Cóncavo (mm)</b>  | <b>Convexo (mm)</b> | <b>Cóncavo (mm)</b>  | <b>Convexo (mm)</b> |
| M1- P           | 0.0                  | 0.0                 | 0.0                  | 1.0                 |
| M2- P           | 1.0                  | 0.0                 | 1.0                  | 0.0                 |
| M3- P           | 0.0                  | 0.0                 | 1.0                  | 1.0                 |
| M4- P           | 0.0                  | 0.0                 | 0.0                  | 0.0                 |
| M5- P           | 1.0                  | 1.0                 | 1.0                  | 0.0                 |
| <b>Promedio</b> | <b>Cóncavo (mm)</b>  |                     | <b>0.50</b>          |                     |
|                 | <b>Convexo (mm)</b>  |                     | <b>0.30</b>          |                     |

| <b>Muestra</b>  | <b>Cara superior</b> |                     | <b>Cara inferior</b> |                     |
|-----------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|                 | <b>Cóncavo (mm)</b>  | <b>Convexo (mm)</b> | <b>Cóncavo (mm)</b>  | <b>Convexo (mm)</b> |
| M1- 5%          | 1.0                  | 0.0                 | 0.0                  | 0.0                 |
| M2- 5%          | 0.0                  | 0.0                 | 0.0                  | 0.0                 |
| M3- 5%          | 0.0                  | 0.0                 | 0.0                  | 0.5                 |
| M4- 5%          | 1.0                  | 0.0                 | 0.0                  | 0.5                 |
| M5- 5%          | 1.0                  | 0.0                 | 0.0                  | 0.0                 |
| <b>Promedio</b> | <b>Cóncavo (mm)</b>  |                     | <b>0.30</b>          |                     |
|                 | <b>Convexo (mm)</b>  |                     | <b>0.10</b>          |                     |

| Muestra  | Cara superior |              | Cara inferior |              |
|----------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|          | Cóncavo (mm)  | Convexo (mm) | Cóncavo (mm)  | Convexo (mm) |
| M1- 10%  | 0.0           | 1.0          | 0.0           | 0.5          |
| M2- 10%  | 1.0           | 0.0          | 1.0           | 0.5          |
| M3- 10%  | 0.0           | 0.0          | 0.0           | 0.5          |
| M4- 10%  | 1.0           | 0.0          | 0.0           | 0.0          |
| M5- 10%  | 0.0           | 0.5          | 0.5           | 0.5          |
| Promedio | Cóncavo (mm)  |              | 0.35          |              |
|          | Convexo (mm)  |              | 0.35          |              |

| Muestra  | Cara superior |              | Cara inferior |              |
|----------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|          | Cóncavo (mm)  | Convexo (mm) | Cóncavo (mm)  | Convexo (mm) |
| M1- 15%  | 1.0           | 0.0          | 0.5           | 0.0          |
| M2- 15%  | 1.0           | 0.0          | 0.0           | 0.0          |
| M3- 15%  | 0.0           | 0.0          | 0.0           | 0.0          |
| M4- 15%  | 0.0           | 0.0          | 0.0           | 0.0          |
| M5- 15%  | 0.0           | 0.0          | 0.0           | 0.0          |
| Promedio | Cóncavo (mm)  |              | 0.25          |              |
|          | Convexo (mm)  |              | 0.00          |              |

| Muestra  | Cara superior |              | Cara inferior |              |
|----------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|          | Cóncavo (mm)  | Convexo (mm) | Cóncavo (mm)  | Convexo (mm) |
| M1- 20%  | 1.0           | 0.0          | 0.0           | 0.0          |
| M2- 20%  | 0.0           | 0.0          | 0.0           | 0.0          |
| M3- 20%  | 1.0           | 0.0          | 1.0           | 1.0          |
| M4- 20%  | 0.5           | 1.0          | 0.0           | 0.0          |
| M5- 20%  | 0.0           | 0.0          | 0.5           | 0.0          |
| Promedio | Cóncavo (mm)  |              | 0.40          |              |
|          | Convexo (mm)  |              | 0.20          |              |

**ENSAYOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: LADRILLOS DE CONCRETO**

**NTP 339.604**

|               |   |
|---------------|---|
| <b>TESIS:</b> | "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA" |
|---------------|---|

**DENSIDAD**

| Muestra                                 | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) | Volumen neto (cm <sup>3</sup> ) | Peso seco (g) | Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) |
|---|------------|------------|-----------|---------------------------------|---------------|--------------------------------------|
| M - P1                                  | 239.0      | 129.5      | 89.0      | 2755                            | 5922          | 2.15                                 |
| M - P2                                  | 239.3      | 129.1      | 89.1      | 2752                            | 6281          | 2.28                                 |
| M - P3                                  | 238.0      | 128.7      | 89.0      | 2725                            | 5626          | 2.06                                 |
| M - P4                                  | 238.9      | 131.0      | 89.3      | 2793                            | 6294          | 2.25                                 |
| M - P5                                  | 238.6      | 130.5      | 90.0      | 2803                            | 6236          | 2.22                                 |
| Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> ): |            |            |           | 2.19                            |               |                                      |

| Muestra                                 | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) | Volumen neto (cm <sup>3</sup> ) | Peso seco (g) | Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) |
|---|------------|------------|-----------|---------------------------------|---------------|--------------------------------------|
| M1 - 5%                                 | 240.3      | 129.3      | 90.9      | 2823                            | 5903          | 2.09                                 |
| M2 - 5%                                 | 239.9      | 130.5      | 90.3      | 2824                            | 5955          | 2.11                                 |
| M3 - 5%                                 | 240.4      | 129.6      | 89.3      | 2781                            | 6035          | 2.17                                 |
| M4 - 5%                                 | 240.2      | 128.5      | 89.3      | 2755                            | 6466          | 2.35                                 |
| M5 - 5%                                 | 240.0      | 129.7      | 89.3      | 2777                            | 5871          | 2.11                                 |
| Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> ): |            |            |           | 2.17                            |               |                                      |

| Muestra                                 | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) | Volumen neto (cm <sup>3</sup> ) | Peso seco (g) | Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) |
|---|------------|------------|-----------|---------------------------------|---------------|--------------------------------------|
| M1 - 10%                                | 239.8      | 129.7      | 90.5      | 2814                            | 6075          | 2.16                                 |
| M2 - 10%                                | 238.4      | 129.8      | 90.1      | 2786                            | 5968          | 2.14                                 |
| M3 - 10%                                | 240.0      | 129.4      | 88.8      | 2755                            | 5897          | 2.14                                 |
| M4 - 10%                                | 241.3      | 131.3      | 89.6      | 2837                            | 6037          | 2.13                                 |
| M5 - 10%                                | 239.2      | 130.2      | 89.5      | 2786                            | 6077          | 2.18                                 |
| Densidad promedio (g/cm <sup>3</sup> ): |            |            |           | 2.15                            |               |                                      |

| Muestra  | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) | Volumen neto (cm <sup>3</sup> )              | Peso seco (g) | Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------|------------|------------|-----------|--|---------------|--------------------------------------|
| M1 - 15% | 239.4      | 130.4      | 90.6      | 2827   | 6514          | 2.30                                 |
| M2 - 15% | 240.0      | 130.5      | 90.5      | 2833   | 6447          | 2.28                                 |
| M3 - 15% | 238.8      | 129.8      | 89.8      | 2784   | 6306          | 2.26                                 |
| M4 - 15% | 238.9      | 130.0      | 91.1      | 2827   | 6462          | 2.29                                 |
| M5 - 15% | 239.4      | 129.2      | 91.9      | 2843   | 6253          | 2.20                                 |
|          |            |            |           | <b>Densidad promedio (g/cm<sup>3</sup>):</b> | <b>2.27</b>   |                                      |

| Muestra  | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) | Volumen neto (cm <sup>3</sup> )              | Peso seco (g) | Peso específico (g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------|------------|------------|-----------|--|---------------|--------------------------------------|
| M1 - 20% | 239.8      | 130.3      | 90.0      | 2811   | 6514          | 2.32                                 |
| M2 - 20% | 238.7      | 129.4      | 90.3      | 2787   | 6447          | 2.31                                 |
| M3 - 20% | 240.8      | 130.0      | 90.5      | 2831   | 6306          | 2.23                                 |
| M4 - 20% | 239.0      | 129.2      | 91.3      | 2819   | 6462          | 2.29                                 |
| M5 - 20% | 238.8      | 129.4      | 90.3      | 2788   | 6253          | 2.24                                 |
|          |            |            |           | <b>Densidad promedio (g/cm<sup>3</sup>):</b> | <b>2.28</b>   |                                      |

**ENSAYOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: LADRILLOS DE CONCRETO****NTP 339.604****TESIS:**

"PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA"

**IV. ABSORCIÓN**

| Muestra | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) | Peso Seco (g) | Peso Saturado (g)          | Absorción (%) |
|---------|------------|------------|-----------|---------------|----------------------------|---------------|
| M - P1  | 239.0      | 129.5      | 89.0      | 5922          | 6458                       | 9.1           |
| M - P2  | 239.3      | 129.1      | 89.1      | 6281          | 6690                       | 6.5           |
| M - P3  | 238.0      | 128.7      | 89.0      | 5626          | 6454                       | 14.7          |
| M - P4  | 238.9      | 131.0      | 89.3      | 6294          | 6714                       | 6.7           |
| M - P5  | 238.6      | 130.5      | 90.0      | 6236          | 6690                       | 7.3           |
|         |            |            |           |               | <b>Absorción promedio:</b> | <b>8.8</b>    |

| Muestra | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) | Peso Seco (g) | Peso Saturado (g)          | Absorción (%) |
|---------|------------|------------|-----------|---------------|----------------------------|---------------|
| M1 - 5% | 240.3      | 129.3      | 90.9      | 5903          | 6494                       | 10.0          |
| M2 - 5% | 239.9      | 130.5      | 90.3      | 5955          | 6544                       | 9.9           |
| M3 - 5% | 240.4      | 129.6      | 89.3      | 6035          | 6615                       | 9.6           |
| M4 - 5% | 240.2      | 128.5      | 89.3      | 6466          | 6981                       | 8.0           |
| M5 - 5% | 240.0      | 129.7      | 89.3      | 5871          | 6418                       | 9.3           |
|         |            |            |           |               | <b>Absorción promedio:</b> | <b>9.4</b>    |

| Muestra  | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) | Peso Seco (g) | Peso Saturado (g)   | Absorción (%) |
|----------|------------|------------|-----------|---------------|---------------------|---------------|
| M1 - 10% | 239.8      | 129.7      | 90.5      | 6075          | 6637                | 9.3           |
| M2 - 10% | 238.4      | 129.8      | 90.1      | 5968          | 6534                | 9.5           |
| M3 - 10% | 240.0      | 129.4      | 88.8      | 5897          | 6463                | 9.6           |
| M4 - 10% | 241.3      | 131.3      | 89.6      | 6037          | 6640                | 10.0          |
| M5 - 10% | 239.2      | 130.2      | 89.5      | 6077          | 6650                | 9.4           |
|          |            |            |           |               | Absorción promedio: | 9.6           |

| Muestra  | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) | Peso Seco (g) | Peso Saturado (g)   | Absorción (%) |
|----------|------------|------------|-----------|---------------|---------------------|---------------|
| M1 - 15% | 239.4      | 130.4      | 90.6      | 6514          | 6990                | 7.3           |
| M2 - 15% | 240.0      | 130.5      | 90.5      | 6447          | 7015                | 8.8           |
| M3 - 15% | 238.8      | 129.8      | 89.8      | 6306          | 6829                | 8.3           |
| M4 - 15% | 238.9      | 130.0      | 91.1      | 6462          | 6941                | 7.4           |
| M5 - 15% | 239.4      | 129.2      | 91.9      | 6253          | 6711                | 7.3           |
|          |            |            |           |               | Absorción promedio: | 7.8           |

| Muestra  | Largo (mm) | Ancho (mm) | Alto (mm) | Peso Seco (g) | Peso Saturado (g)   | Absorción (%) |
|----------|------------|------------|-----------|---------------|---------------------|---------------|
| M1 - 20% | 239.8      | 130.3      | 90.0      | 6514          | 6810                | 4.5           |
| M2 - 20% | 238.7      | 129.4      | 90.3      | 6447          | 6836                | 6.0           |
| M3 - 20% | 240.8      | 130.0      | 90.5      | 6306          | 7002                | 11.0          |
| M4 - 20% | 239.0      | 129.2      | 91.3      | 6462          | 6896                | 6.7           |
| M5 - 20% | 238.8      | 129.4      | 90.3      | 6253          | 6940                | 11.0          |
|          |            |            |           |               | Absorción promedio: | 7.9           |

| ENSAYOS A COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA |   |                  |          |
|---|---|------------------|----------|
| TESIS:  | “PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA” |                  |          |
| NORMA TÉCNICA:                                  | N.T.P. 399.604 / N.T.P. 399.613.  | FECHA DE ENSAYO: | 30/03/24 |

| UNIDAD | Dimensiones (cm) |       |      | Área Bruta<br>(cm <sup>2</sup> ) | Carga de rotura |       | Resistencia con Área Bruta                 |                     |  |       |
|--------|------------------|-------|------|----------------------------------|-----------------|-------|--|---------------------|--|-------|
|        | DESCRIPCIÓN      | L     | b    | h                                | (kN)            | (kg)  | Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) | Desviación Estándar | Resistencia característica f'b (kg/cm <sup>2</sup> ) |       |
| M - P1 | 23.95            | 13.02 | 9.02 | 311.83                           | <b>452.22</b>   | 46114 | 147.88                                     | 144.8               | 3.0  | 141.8 |
| M - P2 | 23.98            | 13.10 | 9.05 | 314.14                           | <b>446.42</b>   | 45522 | 144.91                                     |                     |  |       |
| M - P3 | 24.00            | 13.08 | 9.04 | 313.92                           | <b>451.56</b>   | 46046 | 146.68                                     |                     |  |       |
| M - P4 | 23.89            | 13.00 | 9.03 | 310.57                           | <b>432.33</b>   | 44086 | 141.95                                     |                     |  |       |
| M - P5 | 23.96            | 13.00 | 9.05 | 311.48                           | <b>435.24</b>   | 44382 | 142.49                                     |                     |  |       |

| RESULTADOS:                    |   |       |                    |  |
|--------------------------------|---|-------|--------------------|--|
| Resistencia promedio           | = | 144.8 | kg/cm <sup>2</sup> |  |
| Desviación Estándar            | = | 3.0   | kg/cm <sup>2</sup> |  |
| Resistencia característica f'b | = | 141.8 | kg/cm <sup>2</sup> |  |

| UNIDAD      | Dimensiones (cm) |       |      | Área Bruta         | Carga de rotura |       | Resistencia con Área Bruta        |  |                     |  |
|-------------|------------------|-------|------|--------------------|-----------------|-------|-----------------------------------|--|---------------------|--|
| DESCRIPCIÓN | L                | b     | h    | (cm <sup>2</sup> ) | (kN)            | (kg)  | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) | Desviación Estandar | Resistencia característica f'b (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| M1 - 5%     | 24.02            | 12.90 | 9.12 | 309.86             | <b>473.68</b>   | 48302 | 155.88                            | 151.1                                      | 4.0                 | 147.1  |
| M2 - 5%     | 24.00            | 12.98 | 9.13 | 311.52             | <b>459.27</b>   | 46833 | 150.34                            |  |                     |  |
| M3 - 5%     | 24.03            | 12.93 | 9.04 | 310.71             | <b>458.72</b>   | 46777 | 150.55                            |  |                     |  |
| M4 - 5%     | 24.01            | 12.95 | 9.21 | 310.93             | <b>467.46</b>   | 47668 | 153.31                            |  |                     |  |
| M5 - 5%     | 24.00            | 13.12 | 9.06 | 314.88             | <b>448.92</b>   | 45777 | 145.38                            |  |                     |  |

| RESULTADOS:                    |   |       |                    |  |
|--------------------------------|---|-------|--------------------|--|
| Resistencia promedio           | = | 151.1 | kg/cm <sup>2</sup> |  |
| Desviación Estándar            | = | 4.0   | kg/cm <sup>2</sup> |  |
| Resistencia característica f'b | = | 147.1 | kg/cm <sup>2</sup> |  |

| UNIDAD      | Dimensiones (cm) |       |      | Área Bruta         | Carga de rotura |       | Resistencia con Área Bruta        |  |                     |  |
|-------------|------------------|-------|------|--------------------|-----------------|-------|-----------------------------------|--|---------------------|--|
| DESCRIPCIÓN | L                | b     | h    | (cm <sup>2</sup> ) | (kN)            | (kg)  | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) | Desviación Estándar | Resistencia característica f'b (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| M1 - 10%    | 24.00            | 13.02 | 9.11 | 312.48             | <b>464.79</b>   | 47396 | 151.68                            | 156.2                                      | 3.0                 | 153.2  |
| M2 - 10%    | 24.22            | 13.06 | 9.15 | 316.31             | <b>487.73</b>   | 49735 | 157.23                            |  |                     |  |
| M3 - 10%    | 24.05            | 13.00 | 9.21 | 312.65             | <b>481.66</b>   | 49116 | 157.10                            |  |                     |  |
| M4 - 10%    | 24.02            | 13.08 | 9.05 | 314.18             | <b>478.82</b>   | 48826 | 155.41                            |  |                     |  |
| M5 - 10%    | 24.02            | 13.00 | 9.06 | 312.26             | <b>488.74</b>   | 49838 | 159.60                            |  |                     |  |

| RESULTADOS:                    |   |       |                          |  |
|--------------------------------|---|-------|--------------------------|--|
| Resistencia promedio           | = | 156.2 | <i>kg/cm<sup>2</sup></i> |  |
| Desviación Estándar            | = | 3.0   | <i>kg/cm<sup>2</sup></i> |  |
| Resistencia característica f'b | = | 153.2 | <i>kg/cm<sup>2</sup></i> |  |

| UNIDAD      | Dimensiones (cm) |       |      | Área Bruta         | Carga de rotura |       | Resistencia con Área Bruta        |  |                     |  |
|-------------|------------------|-------|------|--------------------|-----------------|-------|-----------------------------------|--|---------------------|--|
| DESCRIPCIÓN | L                | b     | h    | (cm <sup>2</sup> ) | (kN)            | (kg)  | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) | Desviación Estándar | Resistencia característica f'b (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| M1 -15%     | 24.00            | 13.04 | 9.11 | 312.96             | <b>502.59</b>   | 51250 | 163.76                            | 161.2                                      | 3.0                 | 158.2  |
| M2 - 15%    | 23.94            | 12.99 | 9.03 | 310.98             | <b>484.58</b>   | 49414 | 158.90                            |  |                     |  |
| M3 - 15%    | 24.03            | 13.00 | 9.04 | 312.39             | <b>498.19</b>   | 50801 | 162.62                            |  |                     |  |
| M4 - 5%     | 23.99            | 13.03 | 9.04 | 312.59             | <b>483.50</b>   | 49303 | 157.73                            |  |                     |  |
| M5 - 15%    | 24.11            | 13.00 | 9.10 | 313.43             | <b>500.22</b>   | 51008 | 162.74                            |  |                     |  |

| RESULTADOS:                    |   |       |                    |  |
|--------------------------------|---|-------|--------------------|--|
| Resistencia promedio           | = | 161.2 | kg/cm <sup>2</sup> |  |
| Desviación Estándar            | = | 3.0   | kg/cm <sup>2</sup> |  |
| Resistencia característica f'b | = | 158.2 | kg/cm <sup>2</sup> |  |

| UNIDAD      | Dimensiones (cm) |       |      | Área Bruta         | Carga de rotura |       | Resistencia con Área Bruta        |  |                     |  |
|-------------|------------------|-------|------|--------------------|-----------------|-------|-----------------------------------|--|---------------------|--|
| DESCRIPCIÓN | L                | b     | h    | (cm <sup>2</sup> ) | (kN)            | (kg)  | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) | Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> ) | Desviación Estándar | Resistencia característica f'b (kg/cm <sup>2</sup> ) |
| M1 - 20%    | 23.87            | 12.92 | 9.11 | 308.40             | 517.85          | 52806 | 171.23                            | 169.6                                      | 5.0                 | 164.6  |
| M2 - 20%    | 24.08            | 13.04 | 9.02 | 314.00             | 501.15          | 51103 | 162.75                            |  |                     |  |
| M3 - 20%    | 24.02            | 13.05 | 9.03 | 313.46             | 515.19          | 52535 | 167.60                            |  |                     |  |
| M4 - 20%    | 23.96            | 13.01 | 9.11 | 311.72             | 540.42          | 55108 | 176.79                            |  |                     |  |
| M5 - 20%    | 24.11            | 13.02 | 9.02 | 313.91             | 522.85          | 53316 | 169.84                            |  |                     |  |

| RESULTADOS:                    |   |       |                    |  |
|--------------------------------|---|-------|--------------------|--|
| Resistencia promedio           | = | 169.6 | kg/cm <sup>2</sup> |  |
| Desviación Estándar            | = | 5.0   | kg/cm <sup>2</sup> |  |
| Resistencia característica f'b | = | 164.6 | kg/cm <sup>2</sup> |  |

## ANEXOS

### ANEXO I. Constancia de laboratorio



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA  
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS  
CEL. 939291809 / TEL. 076 633319

## **CONSTANCIA**

El que suscribe, Sr. Leiner Guerrero Gonzales, identificado con DNI N° 45567546, Gerente General de GUERSAN INGENIEROS S.R.L. con RUC N° 20602101488 y registro INDECOPI N° 00102926.

## **CERTIFICA**

Que la ingeniera **ROCIO MARIBEL CAMPOS OCAS**, identificada con DNI N°46949228, alumna de la escuela de posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado y registrado los ensayos de materiales para el desarrollo de su tesis titulada: "**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO AL REEMPLAZAR EN SU ELABORACIÓN EL AGREGADO FINO POR RELAVE MINERO EN DIFERENTES PORCENTAJES, EN CAJAMARCA**", en el periodo comprendido entre enero y marzo del año 2024; todos los ensayos han quedado registrados en este laboratorio.

Se expide la presente constancia a petición del interesado para los fines que estime pertinentes.

Cajamarca, 30 de abril del 2024.

Atentamente

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
Leiner Guerrero Gonzales  
GERENTE GENERAL