

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga  
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Estudio de las propiedades físico - mecánicas de unidades de albañilería  
con plástico PET reciclado para edificaciones sostenibles en la ciudad de  
Ayacucho**

**Tesis para optar el Título de  
Ingeniera Civil**

**Presenta:**

Bach. Rossana Arce Espinoza

**Asesor:**

MSc. Ing. Moisés Nico Barbarán Oriundo

AYACUCHO - PERÚ

2022

**UNSCH**FACULTAD DE  
**INGENIERÍA**  
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

### ACTA N° 004-2023-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 023-2023-FIMGC-D**, siendo los veinticuatro días del mes de enero del 2023, a horas 8:00 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **Mg. Ing. Edward LEON PALACIOS**, Jurado el **MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN**, Jurado - Asesor el **MSc. Ing. Moisés Nico BARBARÁN ORIUNDO** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada "**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO PET RECICLADO PARA EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE AYACUCHO**", presentado por el/la Sr./Srta., **Rossana ARCE ESPINOZA**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Civil**.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **16 (dieciséis)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por  
Efraín Elías Porras Flores  
Fecha: 2023.01.30  
08:33:50 -05'00'

**Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**  
Presidente

**Mg. Ing. Edward LEON PALACIOS**  
Jurado

**MSc. Ing. Moisés Nico Barbarán Oriundo**  
Jurado Asesor

**MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN**  
Jurado

Firmado  
digitalmente por  
LEZAMA CUELLAR  
CHRISTIAN

**Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**  
Secretario del Proceso

C.c.:  
Bach. Rossana ARCE ESPINOZA  
Jurados (4)  
Archivo

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de investigación a mis padres, hermanos por darme su apoyo, consejos y ánimos para seguir adelante y cumplir con mis metas.



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y docentes, cuyos conocimientos y orientaciones guiaron en mi formación profesional.

Al Msc. Ing. Moisés Nico Barbarán Oriundo, asesor del trabajo de investigación, por los alcances, aportes y estar al pendiente del avance realizado durante el proceso de investigación.

A los jurados Msc. Ing. Edward León Palacios y al Msc. Ing. Hemerson Lizarbe Alarcón, por las recomendaciones, observaciones y sugerencias realizadas.

Al Ing. Welhner Aquisé Janampa por haberme apoyado y facilitado con el laboratorio de mecánica de suelos para realizar los diferentes ensayos.

albañilería

Al Ing. Víctor Portal por haberme facilitado con el Laboratorio de INGEOTECON para obtener los resultados de los ensayos elaborados.

A la Sra. Juana Bautista, por haberme facilitado y apoyado con la arena y confitillo (agregados) de la cantera proveniente del río Cachi.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
RESUMEN .....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.1. Descripción del Problema .....	16
1.1.1. Antecedentes a nivel mundial .....	16
1.1.2. Antecedentes a nivel Nacional .....	18
1.1.3. Antecedentes a nivel local .....	19
1.2. Delimitación del Problema.....	20
1.2.1. Espacial (geográfica) .....	20
1.2.2. Temporal.....	20
1.2.3. Temática y unidad de análisis .....	20
1.3. Formulación del problema .....	21
1.3.1. Problema general.....	21
1.3.2. Problemas específicos.....	21
1.4. Justificación e importancia.....	21
1.5. Limitaciones de la Investigación .....	22
1.6. Objetivos .....	23
1.6.1. Objetivo General .....	23
1.6.2. Objetivo específico.....	23
2. ESTADO DEL ARTE.....	24
2.1. Antecedentes. ....	24

2.1.1.	Investigaciones internacionales.....	24
2.1.2.	Investigaciones nacionales.....	25
2.1.3.	Investigaciones regionales.....	25
2.2.	Bases Teóricas.....	26
2.2.1.	Concreto.....	26
2.3.	Marco conceptual.....	29
2.3.1.	Propiedades del concreto.....	29
2.3.2.	El plástico Tereftalato de polietileno(PET).....	30
2.3.3.	Unidad de albañilería.....	35
2.3.4.	Unidades de albañilería de concreto.....	36
2.3.5.	Prismas de Albañilería.....	40
2.3.6.	Definición de Sostenibilidad.....	42
2.3.7.	Construcción Sostenible.....	43
2.3.8.	Edificaciones sostenibles.....	44
2.3.9.	Sistemas de certificaciones sostenibles en el Perú.....	45
2.3.10.	Edificación sostenible en el Perú.....	46
3.	MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
3.1.	Enfoque.....	48
3.2.	Alcance.....	48
3.3.	Diseño de investigación.....	49
3.4.	Población y muestra.....	49
3.4.1.	Población.....	49
3.4.2.	Muestra.....	49
3.4.3.	Muestreo.....	50
3.5.	Hipótesis.....	50
3.5.1.	Hipótesis general.....	50
3.5.2.	Hipótesis específica.....	50



3.6.	Operacionalización de variables .....	51
3.6.1.	Variables .....	51
3.6.2.	Indicadores .....	51
3.7.	Técnicas e instrumentos de la Investigación. ....	52
3.7.1.	Técnicas .....	52
3.7.2.	Instrumentos.....	53
3.7.3.	Confiabilidad y Validez .....	54
3.8.	Desarrollo de la investigación de tesis .....	56
3.8.1.	Selección de muestra de agregados .....	56
3.8.2.	Análisis de los agregados en el Laboratorio. ....	57
3.8.3.	Características físicas del plástico PET .....	69
3.8.4.	Diseño y elaboración de Unidades de Albañilería patrón.....	71
3.8.5.	Dosificación y elaboración de unidades de albañilería con diferentes proporciones de Plástico PET. ....	74
3.8.6.	Característica de las propiedades físicas de unidades de albañilería con plástico PET.....	76
3.8.7.	Determinación de la propiedad mecánica de “unidades de albañilería” .....	80
3.8.8.	Propiedades prismas de albañilería .....	81
4.	RESULTADOS .....	82
4.1.	Contrastación de hipótesis.....	82
4.2.	Propiedades Físicas de la unidad de albañilería .....	82
4.2.1.	Prueba de variación dimensional de las unidades de albañilería con plástico PET .....	82
4.2.2.	Pruebas de alabeo de las unidades de albañilería con plástico PET .....	89
4.2.3.	Prueba de absorción en unidades de albañilería con” plástico PET .....	92
4.2.4.	Prueba de densidad en unidades de albañilería con plástico PET .....	94
4.3.	Propiedades Mecánicas de la unidad de albañilería.....	97
4.3.1.	Resistencia a la compresión en unidades de albañilería con plástico PET .....	97



4.3.2.	Resistencia a compresión de Unidades de Albañilería patrón .....	101
4.4.	Análisis e Interpretación .....	104
4.4.1.	Análisis de resultados de los agregados.....	104
CONCLUSIONES .....		122
RECOMENDACIONES .....		123
FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN .....		123
5.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	124
ANEXOS.....		127
ANEXO 1: RESULTADOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA .....		127
ANEXO 2: CÁLCULOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA .....		133
ANEXO 3: Cálculos del ensayo de resistencia a compresión axial de pila .....		134
ANEXO 4: Aporte de la fabricación de unidades de Albañilería con incorporación de Plástico PET .....		135
ANEXO 5: Cálculos del costo de unidades de albañilería .....		136
ANEXO 6: Matriz de consistencia .....		138
ANEXO 7: Resultados de ensayos de laboratorio.....		140



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> Ubicación de la Cantera Rio Cachi “Bautista”.....	57
<b>Figura 3.2</b> Identificación de los Agregados a Utilizar.....	57
<b>Figura 3.3</b> Ensayo de Cuarteo en Laboratorio AKHISE Ingeniería y Construcción S.A.C.....	59
<b>Figura 3.4</b> Ensayo Granulométrico .....	60
<b>Figura 3.5</b> Proceso para Determinar el Contenido de Humedad del Agregado Grueso (Confitillo).. ..	61
<b>Figura 3.6</b> Ensayo de Gravedad Especifica .....	63
<b>Figura 3.7</b> Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Grueso (confitillo) .....	65
<b>Figura 3.8</b> Ensayo de Peso Unitario .....	66
<b>Figura 3.9</b> Ensayo de Abrasión los Ángeles .....	68
<b>Figura 3.10</b> Empresa Trituradora de Plástico PET.....	69
<b>Figura 3.11</b> Tamizado de las Muestras (Confitillo, Arena y PET).....	70
<b>Figura 3.12</b> Dosificación de los Agregados .....	71
<b>Figura 3.13</b> Proceso de Fabricación de Unidades de Albañilería.....	72
<b>Figura 3.14</b> Curado de las Unidades de Albañilería en las Pozas .....	74
<b>Figura 3.15</b> Dosificación de Muestras con PET.....	75
<b>Figura 3.16</b> Ensayo del Cono de Abrams .....	76
<b>Figura 3.17</b> Ensayo de Variación Dimensional´ .....	77
<b>Figura 3.18</b> Ensayo de Absorción de Humedad.....	78
<b>Figura 3.19</b> Ensayo de Alabeo .....	78
<b>Figura 3.20</b> Pesaje de la Unidad de Albañilería Después de Ser Sumergido Durante 24 Horas.....	80
<b>Figura 3.21</b> Capping de Unidades de Albañilería .....	80
<b>Figura 3.22</b> Rotura de Unidades de Albañilería .....	81
<b>Figura 3.23</b> Fabricación de Pilas de Albañilería .....	81
<b>Figura 4.1</b> Variación Dimensional (Largo) con Incorporación de Plástico PET .....	84
<b>Figura 4.2</b> Variación Dimensional (Ancho) con Incorporación de Plástico PET .....	86

<b>Figura 4.3</b> Variación Dimensional (Altura) con Inclusión de Plástico PET .....	88
<b>Figura 4.4</b> Media del Alabeo de Unidades de Albañilería con Inclusión de Plástico PET .....	90
<b>Figura 4.5</b> Absorción de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET .....	93
<b>Figura 4.6</b> Densidad de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET .....	96
<b>Figura 4.7</b> Resistencia de la Unidad de Albañilería con Incorporación de Plástico PET .....	98
<b>Figura 4.8</b> Media de la Resistencia a Compresión de Pilas de Albañilería.....	100
<b>Figura 4.9</b> Resistencia a Compresión con Diferentes Dosificaciones para la Unidad de Albañilería Patrón. ....	103
<b>Figura 4.10</b> Curva Granulométrica del Agregado Fino .....	106
<b>Figura 4.11</b> Curva Granulométrica del Agregado Grueso .....	108
<b>Figura 4.12</b> Cantidad de PET Versus el Alabeo.....	114
<b>Figura 4.13</b> Cantidad Versus Absorción.....	114
<b>Figura 4.14</b> Resistencia de las Unidades de Albañilería.....	115
<b>Figura 4.15</b> Cantidad Versus Densidad .....	116
<b>Figura 4.16</b> Resistencia de Unidades de Albañilería con Plástico PET en Relación al Tamaño del Plástico PET.....	117
<b>Figura 4.17</b> Resistencia de Unidades de Albañilería Sin Plástico PET .....	118
<b>Figura 4.18</b> Resistencia de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET al 2.5%.....	118
<b>Figura 4.19</b> Resistencia de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET al 5%..	119
<b>Figura 4.20</b> Resistencia de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET al 7.5%. ....	120
<b>Figura 4.21</b> Resistencia de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET al 10%.....	120
<b>Figura 4.22</b> Resistencia de Unidades de Albañilería con Incorporación de Diferentes Dosificaciones de Plástico PET.....	121



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2. 1</b>	Símbolo del PET .....	32
<b>Tabla 2. 2</b>	Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales .....	37
<b>Tabla 2. 3</b>	Métodos para Determinar $f'm$ y $v'm$ .....	40
<b>Tabla 2. 4</b>	Incremento de $f'm$ y $v'm$ por Edad .....	41
<b>Tabla 2. 5</b>	Factores de Corrección $f'm$ por Esbeltez.....	42
<b>Tabla 3. 1</b>	Operacionalización de Variables.....	52
<b>Tabla 3. 2</b>	Propiedades Físicas de las Unidades de Albañilería .....	53
<b>Tabla 3. 3</b>	Propiedades Físicas de los Agregados.....	58
<b>Tabla 3. 4</b>	Características del Plástico PET.....	58
<b>Tabla 3. 5</b>	Muestra del Agregado Grueso .....	68
<b>Tabla 3. 6</b>	Muestra del Agregado Fino .....	69
<b>Tabla 3. 7</b>	Dosificación de Materiales para Obtener Unidades de Albañilería Patrón.....	71
<b>Tabla 3. 8</b>	Dosificación por Metro Cúbico de Concreto $f'c= 140 \text{ Kg/cm}^2$ .....	71
<b>Tabla 3. 9</b>	Dosificación con % PET en Diferentes Proporciones para 24 Unidades de Albañilería .....	75
<b>Tabla 3.10</b>	Absorción y Densidad con 7.5% PET para 5 Unidades de Albañilería.....	79
<b>Tabla 4. 1</b>	Prueba de Normalidad .....	82
<b>Tabla 4. 2</b>	Prueba de Normalidad de la Variación Dimensional (Largo).....	83
<b>Tabla 4. 3</b>	Variación Dimensional (Largo) en Diferentes Porcentajes de Plástico PET .....	84
<b>Tabla 4. 4</b>	Análisis de Varianza (ANOVA) de la Variación Dimensional (Largo) .....	85
<b>Tabla 4. 5</b>	Variación Dimensional (Ancho) con Incorporación de Plástico PET.....	86
<b>Tabla 4. 6</b>	ANOVA de Variación Dimensional (Ancho) con Porcentajes de Plástico PET .....	87
<b>Tabla 4. 7</b>	Variación Dimensional (Altura) con Inclusión de Plástico PET en Unidades de Albañilería.....	88
<b>Tabla 4. 8</b>	ANOVA de Variación Dimensional (Altura) con Incorporación de Plástico PET .....	89
<b>Tabla 4. 9</b>	Prueba de Normalidad del Alabeo en Diferentes Dosificaciones de Plástico PET .....	90

<b>Tabla 4.10</b>	Alabeo en Diferentes Dosificaciones de la Unidad de Albañilería .....	91
<b>Tabla 4.11</b>	Análisis de Varianza del Alabeo de Unidades de Albañilería con Plástico PET .....	91
<b>Tabla 4.12</b>	Prueba de Normalidad de la Absorción .....	92
<b>Tabla 4.13</b>	Absorción de Unidad de Albañilería con Incorporación de Plástico PET .....	93
<b>Tabla 4.14</b>	ANOVA Absorción de Unidades de Albañilería con Porcentajes de Plástico PET .....	94
<b>Tabla 4.15</b>	Prueba de Normalidad de la Densidad .....	95
<b>Tabla 4.16</b>	Densidad de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET .....	95
<b>Tabla 4.17</b>	ANOVA de Densidad con Incorporación de Plástico PET .....	96
<b>Tabla 4.18</b>	Normalidad de la Resistencia .....	97
<b>Tabla 4.19</b>	Resistencia a la Compresión de Unidad de Albañilería con Plástico PET .....	98
<b>Tabla 4.20</b>	ANOVA de la Resistencia de la Unidad de Albañilería .....	99
<b>Tabla 4.21</b>	Prueba de Normalidad para la Resistencia .....	100
<b>Tabla 4.22</b>	Resistencia en Pilas de Albañilería con Plástico PET y sin Plástico PET .....	101
<b>Tabla 4.23</b>	ANOVA de la Resistencia a Compresión de Pilas de Albañilería .....	101
<b>Tabla 4.24</b>	Prueba de Normalidad de la Resistencia a Compresión .....	102
<b>Tabla 4.25</b>	Resistencia a la Compresión de Unidades de Albañilería Patrón por Dosificación para Edificaciones Sostenibles en la Ciudad de Ayacucho .....	103
<b>Tabla 4.26</b>	ANOVA de la Resistencia a Compresión de Unidades de Albañilería Patrón .....	104
<b>Tabla 4.27</b>	Ensayo Granulométrico del Agregado Fino .....	105
<b>Tabla 4.28</b>	Granulometría del Confitillo .....	107
<b>Tabla 4.29</b>	Contenido de Humedad del Agregado Fino .....	108
<b>Tabla 4.30</b>	Contenido de Humedad del Agregado Grueso .....	109
<b>Tabla 4.31</b>	Peso Específico y Absorción del Agregado Fino .....	109
<b>Tabla 4.32</b>	Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso .....	110
<b>Tabla 4.33</b>	Peso Unitario Suelto Seco .....	110
<b>Tabla 4.34</b>	Peso Unitario Compactado Seco .....	110
<b>Tabla 4.35</b>	Peso Unitario Suelto Seco .....	111
<b>Tabla 4.36</b>	Peso Unitario Compactado Seco .....	111

<b>Tabla 4.37</b> Resistencia a la Abrasión del Agregado Fino .....	111
<b>Tabla 4.38</b> Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso (Confitillo).....	112
<b>Tabla 4.39</b> Variación Dimensional de las Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET.....	113
<b>Tabla 4.40</b> Alabeo de las Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET .....	113
<b>Tabla 4.41</b> Resistencia a Compresión de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET .....	115
<b>Tabla 4.42</b> Densidad de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET .....	116
<b>Tabla 4.43</b> Resistencia a Compresión Respecto al Tamaño.....	117
<b>Tabla A. 1</b> Alabeo de Las Unidades de Albañilería con Diferentes Cantidades de PET .....	127
<b>Tabla A. 2</b> Variación Dimensional con 0% PET.....	128
<b>Tabla A. 3</b> Variación Dimensional con 2.5% PET .....	128
<b>Tabla A. 4</b> Variación Dimensional con 5% PET .....	129
<b>Tabla A. 5</b> Variación Dimensional con 7.5% PET .....	129
<b>Tabla A. 6</b> Variación Dimensional con 10% PET .....	129
<b>Tabla A. 7</b> Absorción con 0% PET .....	130
<b>Tabla A. 8</b> Absorción con 2.5% PET.....	130
<b>Tabla A. 9</b> Absorción con 5% PET .....	130
<b>Tabla A.10</b> Absorción con 7.5% PET.....	131
<b>Tabla A.11</b> Absorción con 10% PET .....	131
<b>Tabla A.12</b> Resistencia a Compresión con 0% PET.....	131
<b>Tabla A.13</b> Resistencia a Compresión con 2.5% PET.....	132
<b>Tabla A.14</b> Resistencia a Compresión con 5% PET.....	132
<b>Tabla A.15</b> Resistencia a Compresión con 7.5% PET.....	132
<b>Tabla A.16</b> Resistencia a Compresión con 10% PET.....	133
<b>Tabla A.17</b> Resistencia a Compresión de Pilas de Albañilería .....	133
<b>Tabla A.18</b> Resistencia a Compresión en Pilas de Albañilería .....	134
<b>Tabla A.19</b> Dosificación de Materiales para la Fabricación de Unidades de Albañilería con 7.5% de PET .....	135
<b>Tabla A.20</b> Costo Unitario de Unidades de Albañilería Sin Plástico PET .....	137
<b>Tabla A.21</b> Costo Unitario Con Plástico PET.....	138
<b>Tabla A.22</b> Matriz de Consistencia .....	139

## RESUMEN

Se realiza el estudio de las propiedades físico mecánicas de unidades de albañilería de concreto con incorporación de mayor porcentaje de PET (plástico reciclado) para obtener unidades de albañilería clase IV que cumplan con las normas del reglamento E-070 para lo cual se utilizaron los siguientes materiales los cuales son: cemento Andino tipo 1, agregado grueso (confitillo) y agregado fino (arena) provenientes de la cantera Cachi. El insumo PET (plástico reciclado) se obtuvo de la planta trituradora de botellas descartables, y fueron tamizadas con el pasante tamiz N° 8 y retenidas por el tamiz N° 10 debido a que ese tamaño de PET triturado hace que la resistencia a compresión de la unidad de albañilería mejore, Las unidades de albañilería de concreto se elaboraron con la incorporación porcentual de 2.5%, 5%, 7.5% y 10% de plástico PET en los agregados, siendo la proporción máxima porcentual de 7.5% de incorporación de plástico PET que cumple con las características para ser una unidad de albañilería de concreto clase IV teniendo las siguientes características: la variación dimensional 0.61% en su largo, 1.22% en su ancho y 0.30% en la altura, el alabeo máximo es de 1.29 mm, absorción de 7.8%, densidad de 1.93 tn/m<sup>3</sup> y la resistencia característica a la compresión es de 170 kg/cm<sup>2</sup>.

Se determinó que la variación de las propiedades físico – mecánicas de unidades de albañilería con incorporación porcentual de 7.5% de plástico PET influye en la unidad de albañilería clase IV la cual cumple con la norma E-070, por la cual esta unidad de albañilería es considerada como un eco-material y puede ser aplicado para la construcción de edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.

Palabras clave: Unidad de albañilería, concreto, plástico PET reciclado, resistencia.

## ABSTRACT

The study of the physical-mechanical properties of concrete masonry units with the incorporation of a higher percentage of PET (recycled plastic) is carried out to obtain class IV masonry units that comply with the standards of regulation E-070 for which the following were used: materials which are: Andean type 1 cement, coarse aggregate (confitillo) and fine aggregate (sand) from the Cachi quarry. The PET (recycled plastic) input was obtained from the disposable bottle crushing plant, and they were sieved with the No. 8 sieve and retained by the No. 10 sieve because this size of crushed PET makes the compressive strength of the masonry unit improves, the concrete masonry units were made with the percentage incorporation of 2.5%, 5%, 7.5% and 10% of PET plastic in the aggregates, with the maximum percentage proportion of 7.5% incorporation of PET plastic that meets the characteristics to be a class IV concrete masonry unit having the following characteristics: dimensional variation 0.61% in its length, 1.22% in its width and 0.30% in height, the maximum warpage is 1.29 mm, absorption of 7.8%, density of 1.93 tn/m<sup>3</sup> and the characteristic resistance to compression is 170 kg/cm<sup>2</sup>.

It was determined that the variation of the physical-mechanical properties of masonry units with percentage incorporation of 7.5% of PET plastic influences the class IV masonry unit which complies with the E-070 standard, by which this masonry unit is considered as an eco-material and can be applied for the construction of sustainable buildings in the city of Ayacucho.

Keywords: Masonry unit, concrete, recycled PET plastic, resistance.

## INTRODUCCIÓN

El déficit de edificaciones sostenibles en el Perú y la contaminación ambiental que se genera a partir de estos residuos sólidos (plástico PET), motivo a realizar esta investigación, el plástico PET es uno de los principales contaminantes del medio ambiente que mayor se genera y tarda entre 500 a 1000 años en ser degradado y a diario se desechan y llegan a parar en botaderos o se queman, causando un impacto negativo en el medio ambiente, motivo por el cual incentivo a realizar esta investigación que permitirá reutilizar el plástico PET para la producción de unidades de albañilería, que se utilice en el área de la construcción de edificaciones sostenibles siendo estos liviano, de fácil transporte cumpliendo con la Norma y sea amigable con el medio ambiente.

Se hace el estudio de la incidencia que genera la incorporación de plástico PET reciclado en diferentes porcentajes (2.5%, 5%, 7.5%, 10%) en el diseño de mezcla patrón, según las pruebas realizadas en el laboratorio notamos la variación de las propiedades físico – mecánicas de las unidades de albañilería con plástico PET, llegando a pertenecer a unidades de albañilería clase IV, con la inclusión de estos vemos como aumenta la resistencia a compresión en dosificaciones menores a 10%.



# CAPITULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del Problema

En los últimos años los residuos producidos por actividades humanas han generado contaminación del medio ambiente generando preocupación, buscando alternativas de solución, a causa de este problema y contrarrestar la contaminación ambiental se propone la reutilización de residuos de plástico PET (tereftalato de polietileno) a través del reciclaje y crear un nuevo material de construcción utilizando el plástico PET como materia prima para la producción de unidades de albañilería eco amigables el cual es ligero, de fácil manipulación y transporte, de tal forma que disminuya los residuos producidos de esta manera ayudar a la conservación del medio ambiente , otra causa que genera la contaminación del medio ambiente es la fabricación de unidades de albañilería hechos de arcilla ya que para su cocción se utilizan materiales como maderas, leña, carbón, jebe entre otros..

#### *1.1.1. Antecedentes a nivel mundial*

Según Martínez & Cote (2014) en el artículo de investigación titulado “Diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando Materiales a Base de PET”, describe que los procesos industriales suelen ser los mayores contaminantes del planeta, ya que emiten o producen gases durante el proceso de fabricación debido a los deshechos que estos generan. Las industrias

que más contaminan el medio ambiente son las fábricas de ladrilleras, la cual para su proceso de fabricación utilizan carbón, llantas, para poder generar energía para su quemado. En este trabajo se diseña y elabora un ladrillo a base de cemento y PET (tereftalato de polietileno). Para ello, se estudian diversas composiciones con varios ensayos la cual utilizó una máquina de tracción PCE-MTS500 para realizar las pruebas de resistencia a compresión. Según la norma NTC 673, los resultados demuestran un producto igual a los productos comerciales; la muestra óptima tiene una tensión de compresión de 5600 kgf en comparación con los ladrillos comerciales, que tienen una tensión de compresión máxima de 4480 kgf. Los costos se compararon con los de los productos existentes en el mercado en ese momento, lo que dio lugar a un excelente análisis costo-beneficio.

Según Molina, Vizcaíno & Ramírez (2007) en la tesis titulada “Estudio de las Características Físico - Mecánicas de Ladrillos Elaborados con Plástico Reciclado en el Municipio de Acacias (Meta)”, analizaron que una de las principales finalidades como profesionales en construcción es encontrar un equilibrio entre las necesidades de un lugar habitable debido al incremento poblacional y la protección del medio ambiente. Por ello, los materiales plásticos se consideran contaminantes en el sentido de que no son biodegradables y pueden ser una solución viable no solo para lograr este equilibrio, sino también para tener rentabilidad debido a las características que posee como la durabilidad. Siendo resistente a la corrosión, aísla eficazmente el frío, calor y sonido, tiene un costo bajo en comparación con otros materiales de construcción, es fácil de limpiar y mantener en comparación con otros materiales de construcción, es liviano, fácil de trabajar y tiene una larga vida útil por ser reutilizable y reciclable. Por ende, el objetivo principal de este trabajo de investigación es analizar las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos de plástico reciclado como una alternativa a los tradicionales ladrillos de arcilla, convirtiéndose así en una opción para la vivienda de interés social.



Ante un respectivo proceso hacia este objetivo, partimos de la normatividad para el uso de ladrillos como mampostería en la construcción de viviendas, y de acuerdo a esto, se realizó una serie de ensayos técnicos y caracterización de muestras, las posibilidades constructivas que se pueden realizar con el uso de plástico reciclado de esta forma realizar un diseño de ladrillos que esté acorde con lo que estamos haciendo como ingenieros para reducir el impacto de la creciente demanda de plásticos no reciclables, que permitan bajar los costos de producción en beneficio de las clases económicas más bajas.

### ***1.1.2. Antecedentes a nivel Nacional***

Según Paz (2014) en su tesis titulada “Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado”, menciona que para la elaboración de ladrillos se utilizaron plásticos reciclados, de esto nace la inquietud ecológica, y ve la relevancia que tiene el reciclaje para disminuir la cantidad de residuos que son enterrados, quemados o acumulados en los basurales la cual generan contaminación. Los plásticos a utilizar serán el PET (polietileno-tereftalato) con un 70% de composición y el HDPE (polietileno de alta densidad) con un 30 % de composición, estos materiales provienen de envases de bebidas descartables, plásticos y otros. La fase inicial de este método consiste en triturar los residuos plásticos, la fragmentación del material ayuda así a la eliminación de los compuestos que quedan dentro del material, quedando el material con una dimensión de partícula de alrededor de 1 cm. En la segunda fase, el plástico triturado se introduce en la lavadora que contenga detergente ya agua. La estrategia ideal para recoger los plásticos y reciclarlos es reunir aquellos que sean fácilmente identificables y mantenerlos en estado natural. Luego, el material se enjuaga muchas veces para eliminar el aceite, las partículas y cualquier producto que se haya introducido a lo largo del procedimiento de limpieza. La tercera fase es la centrifugación, que conlleva en hacer rotar el material para expulsar la mayor parte



del agua que ha quedado entre las porciones molidas. Esto elimina hasta el 95% del agua, pero como el 5% restante es demasiada agua para llegar a la extrusión o al inyector, el material se seca a temperatura ambiente durante un tiempo adicional. El proceso de inyección es la fase final, en la que los polímeros se funden, mezclan e inyectan. Para ello se utilizan tornillos de distintas calidades, en función del plástico que se vaya a fundir.

De acuerdo a Reyna (2016) en la tesis titulada “Reutilización de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo”, evalúa la reutilización de los restos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar como materias primas en la producción de ladrillo ecológico para la edificación de viviendas a bajo costo. Para el diseño de mezcla se utiliza el cemento Portland Extra Forte, gravilla de 1/2", arena gruesa y residuos de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, estos insumos reemplazaron a la arena gruesa en porcentajes de 5%, 10% y 20% en peso, respectivamente, con estos materiales reciclados se fabricaron probetas de concreto simple según la Norma Técnica Peruana 339.033, a los 28 días de curado se realizó el ensayo de compresión de las probetas, según la Norma ASTM C39, la mejor resistencia a compresión que presenta es aquella probeta que contiene el 5% de plástico PET. También se pudo determinar que cuando se aumenta los residuos en mayor cantidad en el diseño de mezcla la resistencia a la compresión disminuye.

Finalmente se realizó la comparación de los costos unitarios del concreto simple y el concreto con plástico PET, por el cual con la incorporación de plástico PET en el concreto hay un ahorro.

### ***1.1.3. Antecedentes a nivel local***

De acuerdo con Cárdenas (2011) en la tesis titulada “Plast –Block Bloque Ecológico” describe que a lo largo de su historia, se han utilizado materiales tradicionales y no tradicionales, en las construcciones la cual se han utilizado ladrillos comunes hechos a base de



tierra cocida; en la región y en todo el país se sabe que estas ladrilleras funcionan de manera informal y no tienen idea de protección del medio ambiente. Con este nuevo material que se propone se hará el uso de materiales no convencionales (plásticos reciclados) en forma tradicional (que constituyan ladrillos o bloques, que serán utilizados para edificaciones de mamposterías). Además, pretende sustituir parcialmente una tecnología muy arraigada en la sociedad, para la edificación de viviendas como es la de mampostería ordinaria de ladrillo de tierra cocida (producido con un recurso no renovable) por el bloque ecológico, que, por su tamaño y propiedades físicas, de acuerdo a los resultados obtenidos este material constructivo fue aceptado ya que se basaron en la Norma Técnica Peruana.

## **1.2. Delimitación del Problema**

### ***1.2.1. Espacial (geográfica)***

La presente investigación experimental se realizó en la ciudad de Ayacucho, los agregados utilizados para la fabricación de las unidades de la albañilería fueron obtenidos de la cantera “CACHI”, el plástico PET fue obtenido de la trituración de las botellas de plástico que se desechan en la ciudad de Ayacucho; los ensayos se realizaron en los laboratorios de INGEOTECON Y AKHISE Ingeniería y Construcción.

### ***1.2.2. Temporal***

La investigación es experimental y se desarrolló durante el año 2020 y 2022.

### ***1.2.3. Temática y unidad de análisis***

El objeto de estudio es la contribución que tiene el plástico PET triturado (pasante por la malla # 8 y retenido en la malla # 10) en el diseño de mezcla para la fabricación de unidades de albañilería de concreto clase IV de acuerdo a la norma E.070.

La unidad de análisis son las unidades de albañilería con incorporación de plástico



PET reciclado para luego evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las mismas.

Los **indicadores** con respecto a la **Resistencia** de la unidad de albañilería son: compresión axial de la unidad.

Los **indicadores** respecto a la durabilidad de la unidad de albañilería son: variabilidad dimensional, alabeo, densidad natural, absorción, humedad natural. Sus dimensiones son las siguiente: 21cm de largo x 11 cm de ancho x 8 cm de altura de acuerdo a la norma E.070.

### **1.3. Formulación del problema**

#### ***1.3.1. Problema general***

¿De qué manera la incorporación de plástico PET reciclado en la fabricación de unidades de albañilería incide en sus propiedades físico – mecánicas para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho?

#### ***1.3.2. Problemas específicos***

1. ¿En qué medida la granulometría del plástico PET reciclado influye en la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería?
2. ¿En qué medida la dosificación del plástico PET reciclado en diferentes proporciones influye en la resistencia a la compresión?
3. ¿Cuál es la cantidad máxima de plástico PET reciclado que influye en la resistencia a la compresión para unidades de albañilería clase iv respecto del patrón?

### **1.4. Justificación e importancia**

La investigación experimental se justifica, debido a que el plástico tiene un buen potencial respecto a las ventajas que posee y por su versatilidad para adaptarse a diferentes aplicaciones como la fácil manipulación y modelación a altas temperaturas.



Sabemos que este material contamina el medio ambiente debido a que tarda entre 500 a 1000 años en ser degradado, es propenso a ser desechados a diario y llegan a parar en los botaderos de basura o son quemados clandestinamente, por ello tenemos que buscar una alternativa de solución que son: proceso adecuado de reciclaje, para que posteriormente se pueda reutilizar este material en la producción de **unidades de albañilería con plástico PET clase IV** la cual es una opción constructiva beneficiosa, buscando proporcionar edificaciones sostenibles de rápida construcción de manera que contribuimos con el cuidado del medio ambiente.

Esta investigación es importante ya que se enfoca en la reutilización del plástico PET en el mayor porcentaje permitido para la elaboración de unidades de albañilería clase IV que cumplan con las propiedades físico – mecánicas según la norma E.070, con la finalidad de obtener un material eco amigable que contribuya con la disminución de la contaminación ambiental a través del reciclaje de plástico PET.

### **1.5. Limitaciones de la Investigación**

- La investigación experimental se enfoca en el estudio de las propiedades físico mecánicas de unidades de albañilería clase IV, que al sustituir los agregados por plástico PET al 0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10%.
- Según Paucar (2019), el plástico PET empleado en la producción de adoquines de alto tránsito son aquellos que tienen dimensiones de 2mm las cuales son pasantes por el tamiz #8 y retenidos por el tamiz #10, este proceso se realizó debido a que estas dimensiones son favorables para el aumento de la resistencia característica a compresión ( $f'_{b}$ ); motivo por el cual para la producción de unidades de albañilería con inclusión de plástico PET con referencia a las dimensiones utilizamos este tamaño de 2.3mm la cual fue favorable en la resistencia a compresión.



- Otra de sus limitaciones es que no se pudo realizar los ensayos de prismas de albañilería como muretes, debido a que los laboratorios de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), AKHISE, INGEOTECON y otros de la ciudad de huamanga no cuenta con equipos necesarios para realizar dicho ensayo.

## **1.6. Objetivos**

### ***1.6.1. Objetivo General***

Determinar de qué manera la incorporación de plástico PET reciclado en la fabricación de unidades de albañilería incide en sus propiedades físico mecánicas para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.

### ***1.6.2. Objetivo específico.***

1. Determinar en qué medida la granulometría del plástico PET reciclado influye en la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.
2. Determinar en qué medida la dosificación de Plástico PET reciclado en diferentes proporciones influye en la resistencia a la compresión.
3. Determinar la cantidad máxima de plástico PET reciclado que influye en la resistencia a la compresión para unidades de albañilería clase iv respecto del patrón.



## CAPITULO II

### ESTADO DEL ARTE

#### 2.1. Antecedentes.

##### 2.1.1. *Investigaciones internacionales.*

De acuerdo a Angumba (2016) presento una tesis titulada “Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante” en esta investigación se analizó la utilización del plástico reciclado en la fabricación de ladrillos para la construcción de mampostería no portante. Primero realizó la caracterización de los residuos sólidos generados en la ciudad de Cuenca, siendo los residuos plásticos el 22,7% del total recogido y arrojado libremente sin tratamiento previo. Igualmente, se estudian las propiedades del plástico, Tereftalato de Polietileno (PET), para descartar cualquier efecto negativo al mezclarlo con materiales convencionales como cemento y agua, árido fino.

Se fabricaron ladrillos con dimensiones de 20x10x6cm utilizando PET al 10, 25, 40, 55, 65 y 70% en sustitución del árido fino. El material se sometió a diferentes pruebas con la finalidad de comparar con los ladrillos de arcilla cocida utilizados habitualmente en la región y examinarlo para mampostería no portante de acuerdo con las normas ecuatorianas. Una vez concluidas las pruebas y examinados los datos, descubrió que con un 25% de adición de PET resulta mejor el ladrillo. Este ladrillo fue sometido a un

análisis térmico mediante la simulación del programa Design builder, lo que dio como resultado unos niveles de confort térmico de mayor calidad en las viviendas.

### **2.1.2. Investigaciones nacionales**

De acuerdo a Echeverría (2017) en la tesis titulada “Ladrillos de Concreto con Plástico PET reciclado” El objetivo principal de este estudio fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto de plástico PET reciclado según lo definido en la norma técnica E.070. Para ello se calcularon las proporciones ideales de agregados en un proyecto mixto para la producción de elementos de albañilería. Llegando a la conclusión que las propiedades mecánicas de los bloques de vibroconcreto adicionados con hojuelas de plástico PET reciclado no mejoraron, con una disminución máxima en la resistencia a la compresión de los bloques de 51,5 kg/cm<sup>2</sup> o 31,8% con respecto a la mezcla estándar; bloque de hormigón de plástico PET reciclado Las propiedades físicas y mecánicas cumplen con los requisitos de la norma E.070:2006.

### **2.1.3. Investigaciones regionales.**

De acuerdo a Paúcar (2019) en la tesis titulada “Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (PET) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho” El objetivo principal de este estudio fue obtener la dosificación de materiales usando como materia prima el agregado árido proveniente de una cantera de la ciudad, utilizado para la producción de adoquines, con el fin de evaluar el impacto y el uso óptimo de las fibras de PET recicladas en comparación con los adoquines estándar. mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines, variar el tamaño de PET en (¼”, No. 4, No. 6, No. 8, No. 10, No. 16) y la proporción de PET (0, 1, 2,5, 5, 7,5, 10 %). Las muestras de adoquín fueron ensayadas con ensayos de



laboratorio que determinaron propiedades físicas (cambio dimensional, absorción y densidad) y mecánicas (esfuerzo de compresión). Los datos obtenidos muestran que es factible fabricar adoquines para tránsito pesado, asimismo se demuestra que se puede utilizar PET en tamaños que pasan por el tamiz N° 8 y en una proporción del 2,5% del peso del material mineral, con estas propiedades es posible lograr adoquines más duraderos, los cuales logran una resistencia de 568.55 kg/cm<sup>2</sup>, una densidad de 2.259 g/cm<sup>3</sup> y una absorción de 5.12%, todo lo cual cumple con los requisitos de la NTP.399,604.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Concreto.**

#### **2.2.1.1. Definición:**

Harmsen (2005) menciona que el concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso o piedra, agregado fino o arena y agua. Los morteros están compuestos por cemento, agua y arena, y su finalidad es recoger áridos gruesos de diferentes granos y rellenar los huecos entre ellos. En teoría, el volumen de mortero solo debe llenar el espacio entre las partículas. En la práctica, este volumen será mayor porque se usa más mortero, lo que asegura que no se formen vacíos.

#### **2.2.1.2. Componentes**

De acuerdo a Harmsen (2005) las propiedades del concreto deben determinarse de acuerdo con su propósito de diseño. Por lo tanto, la selección de la relación de la unidad cúbica de concreto debe dar lugar a un concreto de fácil colocación, densidad, resistencia y durabilidad u otros atributos que se consideren apropiados para la condición de diseño particular a la que se destina la mezcla.



#### **2.2.1.2.1. Cemento:**

El cemento se obtiene de la pulverización del clinker el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos. (Harmsen, 2005)

#### **2.2.1.2.2. Tipos de cemento**

Según Harmsen, (2005) el cemento lo clasifica como:

- Tipo I, propósito general, sin características especiales
- Tipo II, con moderado calor de hidratación y cierta resistencia al ataque de sulfatos
- Tipo III, resistencia temprana y alto calor de hidratación
- Tipo IV, bajo calor de hidratación
- En forma de V, alta resistencia al ataque de sulfatos

#### **2.2.1.2.3. Agregados**

Son elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan casi 3/4 partes del volumen total. (Pasquel, 1995)

#### **2.2.1.3. Características físicas de los agregados**

##### **2.2.1.3.1. Peso específico**

Es el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen de los sólidos sin incluir los vacíos. Su valor oscila entre 2500 y 2750 kg/m<sup>3</sup>. (Pasquel, 1995, pág. 14)

##### **2.2.1.3.2. Peso unitario**

Es el cociente entre el peso de las partículas dividido por el volumen total incluyendo los vacíos. Su valor oscila entre 1500 y 1700 kg/m<sup>3</sup> para agregados normales. (Pasquel, 1995)

##### **2.2.1.3.3. Análisis granulométrico:**

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. (Pasquel, 1995)

##### **2.2.1.3.4. Densidad:**

La densidad de los agregados está en función de la porosidad del material. Las densidades

bajas suelen asociarse a materiales porosos, de baja resistencia y elevada absorción. (Pasquel, 1995)

#### **2.2.1.3.5.            *Contenido de humedad***

Es la diferencia de peso entre el contenido de humedad actual y el estado seco. (Pasquel, 1995, pág. 15)

#### **2.2.1.3.6.            *Porcentaje de Absorción***

Se denomina absorción cuando tiene todos sus poros saturados. (Pasquel, 1995)

#### **2.2.1.3.7.            *Módulo de fineza***

Se calcula dividiendo entre 100 el total de los porcentajes acumulados retenidos hasta el tamiz que determina la finura de los agregados finos y gruesos. (Pasquel, 1995)

### **2.2.1.4.            *Tipos de Agregados***

#### **2.2.1.4.1.            *Agregados finos***

El agregado fino tiene que ser muy duradero, resistente, limpio, duro y libre de impurezas como polvo, limo, esquistos, álcali y materia orgánica. No debe contener más del 5 por ciento de arcilla o limo y no más del 1,5 por ciento de materia orgánica. Debe tener un tamaño de partícula menor a 1/4 de pulgada y estar clasificado de acuerdo con las especificaciones ASTM-C-33-9. (Harmsen, 2005)

#### **2.2.1.4.2.            *Agregado grueso o piedra***

Se compone de rocas graníticas, dioríticas y sieníticas. Se puede utilizar grava triturada en chancadora o zarandeada de los lechos del río. Al igual que en el agregado fino, no deben contener más del 5% de arcilla y limo, no más del 1,5% de materia orgánica, carbón, etc. El tamaño máximo es inferior a 1/5 veces la distancia entre los muros de encofrado, 3/4 veces la distancia libre entre las armaduras y 1/3 el espesor de las losas (ACI-3.3.2). Se pueden usar piedras de hasta 15 y 20 centímetros para concreto ciclópeo, el uso de piedras de mayor dimensión es por criterio del Ingeniero la cual no deben generar vacíos. La norma ASTM-C-



33-99a especifica varios requisitos para la clasificación de arena (Harmsen, 2005)

#### **2.2.1.4.3. Agua**

El agua de amasado debe estar limpia y libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y sustancias orgánicas, su principal función es hidratar el cemento y también favorece la trabajabilidad de la mezcla. (Harmsen, 2005)

### **2.3. Marco conceptual.**

#### **2.3.1. Propiedades del concreto**

Menciona que el concreto posee dos estados: el estado fresco y el estado endurecido. Cada uno de estos presenta diferentes propiedades ya que varían en comportamiento y uso.

##### **2.3.1.1. Concreto fresco.**

Presenta las siguientes propiedades:

###### **2.3.1.1.1. Trabajabilidad.**

Rivva (2005), menciona que es aquella característica del concreto el cual se encuentra en estado no endurecido y determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un trabajo mínimo y un máximo de homogeneidad; para que el acabado no presente segregación.

De acuerdo con Pasquel (1995), la trabajabilidad está definida por el grado de dificultad para mezclar, transportar, colocar y compactar el concreto. Durante muchos años, el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams se utilizó para evaluar su trabajabilidad.

###### **2.3.1.1.2. Consistencia**

Según Rivva (2005) menciona que la consistencia es una cualidad del concreto que especifica el contenido de humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma, lo que significa que cuanto más húmeda este la mezcla, más fácilmente fluirá el concreto durante su colocación, existe una relación entre la Norma Alemana y las condiciones norteamericanas las cuales



consideran lo siguiente:

- ❖ Las consistencias secas equivalen a un asentamiento de 1” a 2” (25mm – 50mm)
- ❖ Las consistencias plásticas equivalen a un asentamiento de 3” a 4” (75mm – 100mm)
- ❖ Las consistencias fluidas equivalen a un asentamiento de 6” a 7” (150mm – 175mm)

### **2.3.1.2. Concreto endurecido**

#### **2.3.1.2.1. Resistencia**

Según Rivva, (2005) menciona que es la mayor tensión que un material puede resistir sin romperse. Dado que el concreto está diseñado principalmente para soportar esfuerzos a compresión, su resistencia es debido a dichos esfuerzos la que utiliza como índice de calidad.

Una de las propiedades más importantes del concreto endurecido es la resistencia, el concreto está en relación con cuatro factores:

- ❖ Relación agua /cemento
- ❖ Relación cemento/agregado
- ❖ Granulometría, perfil, textura superficial, resistencia y dureza del agregado
- ❖ Tamaño máximo del agregado

#### **2.3.1.2.2. Durabilidad**

El concreto tiene la capacidad de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo, soportando condiciones severas a las que están expuestas haciendo que estas puedan perder o reducir su capacidad estructural.

### **2.3.2. El plástico Tereftalato de polietileno(PET)**

#### **2.3.2.1. Definición:**

El PET se produce a partir de petróleo crudo, gas natural y aire. Está compuesto por un 64% de petróleo, un 23% de derivados líquidos del gas natural y un 13% de aire. Destaca por su bajo peso, gran resistencia mecánica a la compresión, alta transparencia, alto brillo, 100%



reciclable y capacidad de producir envases reutilizables, lo que lleva a la sustitución de otros materiales. (Luis et al, 2008)

PET es un material plástico que se usa para hacer cosas como refrescos y envases de agua mineral. Estas botellas son de un solo uso, por lo que suelen acabar en bolsas de basura, que a su vez acaban en vertederos. (Luis et al, 2008)

### **2.3.2.2. Propiedades y características:**

Presenta como características más relevantes

- ❖ Elevada resistencia al desgaste y a la corrosión
- ❖ Excelente coeficiente de deslizamiento
- ❖ Excelente resistencia química y térmica
- ❖ Excelente barrera a CO<sub>2</sub>, adecuada barrera a O<sub>2</sub> y a la humedad
- ❖ Compatible con otros materiales de barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y lo que permite utilizarlos en determinados mercados.
- ❖ Reciclable, pero su viscosidad disminuye con el paso del calor

Las características físicas del PET y su capacidad para cumplir con las diversas especificaciones técnicas han sido las razones por la que el material ha tenido un importante crecimiento en la producción de fibras textiles y en la producción de una gran diversidad de envases, especialmente en la producción de botellas, bandejas, flejes y láminas. (García, 2006)

### **2.3.2.3. Tipos de PET**

De acuerdo con Bolaños (2019), tenemos lo siguiente:

- **APET** (Tereftalato de polietileno amorfo): Los polímeros de PET son cristalinos de forma granular y se vuelven no cristalinos o amorfos durante la extrusión. Las escamas de PET deben recristalizarse antes de su uso y requieren mantenimiento de las propiedades mecánicas a altas temperaturas, ya que el material se reblandece a través de la transición vítrea (80°C). Este material no se puede utilizar para fabricar envases



de calidad normal ya que puede soportar temperaturas cercanas a 100°C.

- **RPET:** PET reciclado.
- **PET Post-industrial:** Residuos de actividades originales o desechos de procesos productivos que ya no se utilizan en un producto primario.
- **PET post-consumo:** Esencialmente son botellas de gaseosas recicladas.

#### 2.3.2.4. Identificación del PET

De acuerdo a Bolaños (2019) el sistema de identificación de la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) se reconoce con el numero “01” o con la abreviatura PET, rodeado por tres flechas en la base de los envases fabricados con este material.

**Tabla 2.1**

*Símbolo del PET*



*Fuente: (Bolaños, 2019)*

#### 2.3.2.5. Tipos de reciclaje del Tereftalato de Polietileno (PET)

Según Bolaños (2019) cuando acaba la vida útil del envase de plástico PET existen tres formas para poder reutilizar los envases de PET estas son; reciclado mecánico, reciclado químico o reciclado energético (usándolos como fuente de energía).

##### 2.3.2.5.1. *Reciclaje Mecánico*

Según Bolaños (2019), establece que el reciclaje mecánico es el proceso físico mediante el cual se recicla el plástico (residuo) PET post-consumo o industrial, permitiéndonos

reutilizarlo. Esta tecnología consiste en triturar, separar y esterilizar los envases. Los productos de este proceso se denominan flake (hojuelas) y se utilizan directamente para fabricar productos inyectados o extruidos sin ser reutilizados para fabricar granza. Todos los materiales reciclados mecánicamente provienen de dos fuentes principales:

- Los residuos plásticos son procedentes de los procesos de fabricación, que incluyen cualquier subproducto que sobra después del proceso. A este tipo de desechos se le conoce como scrap. El scrap es más fácil de reciclar, ya que no es peligrosa y tiene una composición uniforme debido a la ausencia de otros componentes plásticos. Algunos métodos de modificación (por ejemplo, el termoformado) generan entre un 30 y un 50% de scrap, que a menudo se reciclan.
- Los residuos plásticos provenientes de los desechos sólidos de la sociedad urbana.

#### **2.3.2.6. Etapas del Reciclaje Mecánico**

##### **A. Limpieza**

Acondicionamiento para adquirir una materia prima adecuada, libre de impurezas o sustancias que puedan perjudicar tanto a las maquinas como al producto. (Bolaños, 2019)

##### **B. Clasificación**

Según Bolaños (2019) para la selección y separación de los plásticos se han desarrollado varias técnicas de separación basadas en métodos físicos de diferente naturaleza:

- ✓ **Procedimientos de flotación-hundimiento basados en diferencias de densidad:** Los plásticos difieren en densidad, lo que puede aprovecharse para separarlos por flotación en disolventes de distinta densidad. La técnica consiste en cortar homogéneamente la mezcla de plástico y sumergirla en agua que contenga una pequeña cantidad de detergente para que el agua moje el plástico.



Así, quedan sobre nadando aquellos plásticos con densidad menor mientras los que poseen mayor densidad se hundirán.

- ✓ **Utilización de disolventes:** El procedimiento de separación basado en la aplicación de disolventes fue desarrollado por Seymour y Stahl en la Universidad de Houston para una mezcla de PE, PS, PVAC; el método consiste en disolver la mezcla de plásticos en tolueno a temperatura ambiente. Como ni el PE ni el PVC no se disuelven en este disolvente se separan por filtración.

#### **C. Triturado**

Mediante la utilización de las cuchillas de acero inoxidable se obtiene el tamaño de grano adecuado.

#### **D. Lavado**

Mediante el lavado, aclarado y centrifugado (secado) se realiza la eliminación de cualquier tipo de suciedad o contaminante.

#### **E. Secado.**

Durante este proceso se elimina humedad residual del material. Pueden utilizarse secadores centrifugados o secadores de aire, ya sea caliente o frío, que circula entre el material triturado, eliminando la humedad. (Paúcar, 2019)

#### **F. Granceado**

Se fabrica mediante un proceso de extrusión en el que el material se homogeneiza mediante fundición y la masa fundida se forma en filamentos. Después de la extrusión, el plástico se filtra para eliminar los contaminantes restantes, excepto el plástico, y se corta en pedazos pequeños con una hélice para producir gránulos reciclados. A continuación, las muestras se enfriaron con agua para solidificar en forma de gránulos.

Los gránulos procesados en húmedo pasan por una centrífuga. Cuando los gránulos están secos, se transportan a través del flujo de aire a una tolva a través de la cual se



llenar las bolsas. El reciclaje mecánico es la alternativa más desarrollada para el reciclaje de residuos plásticos, aunque en ocasiones no es el método más adecuado, porque el rendimiento no es suficiente para conseguir la eficiencia económica a través de la ecoeficiencia. En tales casos, existen otras opciones que se pueden ampliar diferentes tipos de reacciones químicas de estos materiales. Estas opciones son el procesamiento químico. (Bolaños, 2019)

### **2.3.3. Unidad de albañilería**

#### **2.3.3.1. Definición**

Según Gallegos & Casabonne (2005) el componente básico para la construcción de mampostería es la unidad de albañilería, su elaboración es a partir de diversas materias primas como: arcilla, concreto de cemento Portland y la mezcla de sílice y cal.

De acuerdo a San Bartolomé (1994) las unidades destinadas en la construcción de mampostería son principalmente elaboradas de arcilla (cerámicas), arena-cal (sí lico-calcáreo) y de concreto. Se clasifican en ladrillos o bloques en función de su tamaño. Los ladrillos pueden manipularse y colocarse con una mano; mientras que los bloques requieren ambas manos debido a su peso y dimensión.

#### **2.3.3.2. Definición según el RNE**

Según la Norma E.070 las unidades de albañilería se definen como ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice cal, que a su vez pueden ser macizos, huecos, alveolares o tubulares y son elaborados de forma artesanal o industrial.

Se denomina ladrillo a la unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.



### **2.3.3.3. Aceptación de la unidad**

Según SENCICO, (2006) para la aceptación de las unidades de albañilería se tienen que cumplir con lo siguiente:

- Si la muestra presenta una dispersión del 20% en los resultados para unidades de albañilería industriales, o el 40% si es el caso de unidades artesanales, deberá analizarse otra muestra de persistir esa dispersión se rechazará el lote.
- Las unidades de albañilería no deben tener materias extrañas en su superficie o en su interior.
- La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas, que reduzca su durabilidad o resistencia.
- La cara lateral correspondiente a la superficie de asentamiento tendrá un espesor mínimo de 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.
- La unidad de albañilería debe estar libre de manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.
- La absorción de las unidades de arcilla y sílice calcáreas no debe superar el 22%. La absorción del bloque de concreto portante no debe superar el 12%. La absorción del bloque de concreto NP no debe superar el 15%.

### **2.3.4. Unidades de albañilería de concreto**

Según la INACAL, NTP 399.601 (2015) las unidades de albañilería de dimensiones modulares fabricado con cemento Portland, agua y agregados, son manipulados con una sola mano.

Según Gallegos & Casabonne (2005) las unidades de concreto pueden ser ladrillos o bloques. Las unidades de concreto pueden ser macizas y huecas, y se fabrican mediante moldeo asistido por presión o vibración, o una combinación de ambas.

Según San Bartolomé (1994) la ventaja de las unidades de concreto es que dependiendo de la



dosificación (cemento - arena - confeti - agua), las unidades pueden fabricarse para que sean duraderas para el uso previsto.

La utilización de la unidad de albañilería de concreto será después de lograr su resistencia específica y estabilidad volumétrica. Las unidades curadas con agua tienen una vida útil mínima de 28 días. (SENCICO, 2006)

### 2.3.4.1. Clasificación para Fines Estructurales

Las unidades de albañilería deben tener las características indicadas en la siguiente tabla para efectos de diseño estructural:

**Tabla 2. 2**

*Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales*

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN fb mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre 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 (1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (50)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

**Fuente:** Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.

Las cinco clases de ladrillos de la tabla anterior son descritas por (San Bartolomé, 1994), de la siguiente manera:

**Clase I.** Estos ladrillos tienen muy baja resistencia y durabilidad, son aptos para uso en requerimientos mínimos (casas de 1 o 2 pisos) sin contacto directo con la lluvia o la tierra. la segunda categoría.

**Clase II.** Esta categoría incluye bloques de baja resistencia y durabilidad; son aptos para uso en condiciones moderadas de operación (no deben entrar en contacto directo con la lluvia, el suelo o el agua).

**Clase III:** Son ladrillos de resistencia y durabilidad moderadas, aptos para construcciones expuestas a la intemperie .

**Clase IV:** Estos bloques son extremadamente fuertes y duraderos; adecuados para su uso en condiciones de servicio severas. Pueden estar sujetos a condiciones de proceso de tamaño mediano en contacto con lluvia fuerte, suelo y agua.

**Clase V:** Tienen alta resistencia y durabilidad; son adecuados para su uso en condiciones de servicio muy estrictas y pueden obtener condiciones climáticas IV similares.

#### **Para Ladrillos de Concreto**

Según INACAL (2015) los ladrillos de concreto están elaborados de acuerdo con esta NTP 399.601, deben estar de acuerdo a los cuatro tipos:

- ❖ **Tipo 24:** Para uso donde se requiera alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.
- ❖ **Tipo 17:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad.
- ❖ **Tipo 14:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.
- ❖ **Tipo 10:** Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

#### **2.3.4.2. Propiedades Físicas de las Unidades de Albañilería**

De acuerdo a lo especificado en la norma de albañilería norma E.070, 2006, los ladrillos serán sometidos a las siguientes pruebas: El estudio de la investigación se dio de la siguiente manera:

- ❖ **Variación Dimensional:** Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las normas NTP 399.613 y NTP 399.604,2005. La cual en términos generales dice que ningún ladrillo

conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias entre el largo, ancho y alto, así como deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas. (Gonzales, 2016)

**Instrumentos:** Regla graduada al milímetro de acero inoxidable, longitud de 300 mm o un calibrador de mordazas paralelas provistas de una escala graduada entre 10 mm y 300 mm y con divisiones correspondientes a 1 mm. (Gonzales, 2016)

- ❖ **Alabeo:** Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.604: 2002. El mayor alabeo del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta, disminución de la adherencia con el mortero y puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad. (Echeverría, 2017)
- ❖ **Absorción:** Estos ensayos se desarrollan acorde a lo indicado en la Norma NTP 399.604: 2002. Es importante que la absorción no sobrepase de 22% y una succión comprendida entre 10 y 20 gr/200 cm<sup>2</sup>-min, antes de ser asentadas. (Echeverría, 2017)

#### **2.3.4.3. Propiedades Mecánicas de las Unidades de Albañilería**

- ❖ **Resistencia a la compresión:**

La resistencia a la compresión de la unidad de albañilería ( $f'_m$ ) es su propiedad más importante. En términos generales, define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro. Los principales componentes de la resistencia a la compresión de la albañilería son: la resistencia a la compresión del ladrillo ( $f'_b$ ), la perfección geométrica del ladrillo, la calidad de mortero empleado para el asentado de ladrillo y la calidad de mano de obra empleada. (Gonzales, 2016)



En esta investigación se utilizó la unidad de albañilería tipo King Kong sólido artesanal, fabricado en la adoquinera de la UNSCH, de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio la unidad de albañilería se clasifica como unidad de albañilería clase IV.

### 2.3.5. Prismas de Albañilería.

Según Echeverría (2017) establece que la resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f' m$ ) y a corte ( $v' m$ ) se determine de manera empírica (en tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la siguiente tabla: (pág. 28).

**Tabla 2.3**

*Métodos para determinar  $f' m$  y  $v' m$ .*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$f' m$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$v' m$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

*A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.*

*B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621*

Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería ( $f' m$ ) y ( $v' m$ ) deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra.

Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

- a. Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2,  $f' m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v' m$  con

tres muretes por cada 1000 m<sup>2</sup> de área techada.

- b. Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2,  $f'm$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y  $v'm$  con tres muretes por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada.

Los prismas deben fabricarse insitu, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se utilizará en la construcción definitiva. (SENCICO, 2006)

Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares que irán llenas con concreto líquido, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes se llenarán con concreto líquido.

Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares sin relleno, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes quedarán vacíos. (SENCICO, 2006)

Los prismas tendrán un refrendado de cemento-yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería. (SENCICO, 2006)

Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la siguiente tabla:

**Tabla 2.4**

*Incremento de  $f'm$  y  $v'm$  por edad*

	<b>Edad</b>	<b>14 días</b>	<b>21 días</b>
<b>Muretes</b>	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05
<b>Pilas</b>	Ladrillos de arcilla y	1.1	1
	Bloques de concreto		

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.

### 2.3.5.1. Compresión Axial de Pilas de albañilería.

Según la norma NTP 399.605:2013, el espécimen para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería está estandarizado, y consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra. La esbeltez y la altura mínima de los prismas de ladrillos la relación alto – ancho del prisma estará entre 2 y 5, y el alto no será menor de 30cm.

El valor  $f'm$  se obtiene contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la siguiente tabla:

**Tabla 2.5**

*Factores de corrección  $f'm$  por esbeltez*

Factores de corrección $f'm$ por esbeltez							
<b>Esbeltez</b>	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5
<b>Factor</b>	0.75	0.86	1	1.04	1.07	1.15	1.22

*Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070: 2006.*

### 2.3.6. Definición de Sostenibilidad

De acuerdo a Lecca & Prado (2019), cuando se habla de sostenibilidad, existen numerosas definiciones que a lo largo del tiempo se han vinculado de alguna manera a la capacidad de satisfacer las necesidades de la generación actual sin poner en peligro la capacidad de futuras generaciones para satisfacer a sus propias necesidades (ONU, 1987), esto implica mantener el equilibrio entre una especie y su entorno. Sin embargo, hoy en día existen muchas empresas y países que no cumplen con el concepto de ser sostenibles, ya que no presentan un alineamiento entre los intereses económicos, ambientales y sociales. Por lo tanto, la falta de importancia de la sostenibilidad puede tener graves consecuencias para el medio ambiente, sus recursos naturales y la sociedad en que vivimos. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la sostenibilidad convierte en un aspecto importante que se

incorpora en la forma de pensar de las personas, lo cual genera indirectamente un desarrollo de productos con parámetros ambientales integrados y, como resultado, a un mercado con un potencial significativo debido al valor adicional que tendrán los productos.

Según Cáceres (1996) la Sostenibilidad es la adaptación del entorno humano a un factor limitante: la capacidad del medio ambiente para hacer frente a la demanda humana de forma que sus recursos naturales no se deterioren irreversiblemente.

### **2.3.7. Construcción Sostenible**

Según Casado (1996) partiendo de diferentes autores, se recopilan algunas definiciones del término "Construcción Sostenible", nos aportan una buena comprensión de la idea que comparten. La Construcción sostenible, que debería ser la construcción del futuro, se puede definir como aquella que, incorpora el uso sostenible de la energía con especial consideración con el Medio Ambiente. Cabe mencionar la importancia de la investigación sobre el uso de energías renovables en la construcción de edificios, así, como una adecuada atención al impacto ambiental que origina la utilización de determinados materiales de construcción y la disminución del consumo de energía que implica la utilización de los edificios.

La construcción sostenible está dirigido hacia la disminución de impactos ambientales generados en el proceso constructivo del uso y derribo de los edificios y el ambiente urbanizado. (Lanting, 1996)

La construcción sostenible se entiende como el desarrollo de la construcción tradicional, teniendo una responsabilidad considerable con el medio ambiente por todas las partes y participantes. Esto implica un interés creciente en todas las etapas de la construcción, considerando las diversas soluciones en el proceso de edificación, a favor de la reducción del agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental o los perjuicios,



proporcionando un ambiente saludable, dentro del edificios como en su entorno. (Kibert, 1994)

### **2.3.8. Edificaciones sostenibles**

La definición de las edificaciones sostenibles proviene del concepto del desarrollo sostenible, mencionado por primera vez en el Informe de Brundtland, que lo define como la capacidad de satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades (ONU, 1987). Esto quiere decir que tener un equilibrio entre las necesidades y el consumo de los recursos naturales de su entorno. Esta definición hace referencia a la construcción con un enfoque ambiental, puesto que la construcción es responsable de un consumo desmedido de los recursos naturales en la ejecución, mantenimiento y operación de las edificaciones.

Por ende, surgieron diversas definiciones de la edificación sostenible, una de ellas es la que menciona el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) como el uso de materiales reciclables en armonía con el medio ambiente, con eficiencia energética, buen manejo en la construcción, desechos de la demolición. Asimismo, el comité de Organización Internacional para la Normalización (ISO) lo define como aquella edificación que puede mantener moderadamente o mejorar la calidad de vida y armonizar con el clima, cultura, y el tiempo que conserva la energía y recursos, a lo largo del ciclo de vida de la edificación se encarga de reciclar materiales y reducir las sustancias peligrosas dentro de los ecosistemas locales y globales.

En conclusión, la edificación sostenible es el consumo racional de los materiales, control de los desperdicios en la construcción, consumo eficiente de agua y energía en la ejecución y vida útil de la edificación, para reducir la contaminación y generar un



impacto ambiental positivo en el medio ambiente. (Lecca & Prado, 2019, pág. 10)

### **2.3.9. Sistemas de certificaciones sostenibles en el Perú**

En el Perú, existen tres instituciones internacionales que garantizan que los proyectos hayan sido desarrollados de acuerdo a estándares y lineamientos internacionales de sostenibilidad. (Lecca & Prado, 2019)

#### **2.3.9.1. Certificación LEED**

LEED, por sus siglas en inglés de “Leadership In Energy And Environmental Design”, es el sistema de certificación de edificios sostenibles más utilizados en el mundo. La certificación LEED ofrece una verificación independiente de las cualidades sostenibles de un edificio o de urbanización, permitiendo que el diseño, la construcción, operación y mantenimiento del mismo sean más eficientes en cuanto a recursos, de alto rendimiento, más saludables y lucrativos. Esta es la certificación más utilizada en nuestro país. (Lecca & Prado, 2019, pág. 11)

#### **2.3.9.2. Certificación EDGE**

El IFC, miembro del Grupo Banco Mundial, creó la certificación EDGE para hacer frente a los desafíos que enfrentan los mercados emergentes alrededor del mundo. Es un sistema de certificación centrado en la creación de edificios que sean más eficientes en el uso de recursos para tipos de proyecto comerciales y residenciales de nueva construcción. El uso de EDGE permite a los equipos de diseño y a los propietarios evaluar y comparar rápidamente los costos estimados en las estrategias de diseño destinadas a reducir el consumo de energía, agua y energía incorporada en los materiales. (Lecca & Prado, 2019)

#### **2.3.9.3. Certificación BREEAM**

Con más de 20 años en el mercado, BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) es la técnica de evaluación y certificación de la



sostenibilidad de edificios más sofisticados técnicamente y líder en Europa, Fomenta una construcción más respetuosa con el medio ambiente, lo que mejora el confort el bienestar de las personas que viven, trabajan o utilizan el edificio, siendo beneficioso económicamente para quienes construyen, explotan y/o mantienen la estructura. (Lecca & Prado, 2019)

#### **2.3.9.4. Marco Legal**

En el artículo 67.- de la constitución Política del Perú. El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales, indicando específicamente que se debe de usar los recursos naturales de manera sostenible a través del tiempo.

#### ***2.3.10. Edificación sostenible en el Perú***

El Perú ha experimentado un crecimiento económico en las últimas décadas, impulsado principalmente por tres factores. El primer factor, es el aumento de la población, que genera mayor demanda para conseguir una vivienda la cual es una necesidad básica para una familia. Otro factor, es la informalidad en la construcción, a menudo conocida como el autoconstrucción que consiste en edificar una vivienda sin la supervisión de un profesional. Por último, el aumento de la inversión pública o privada en el sector de la construcción. La construcción, en general, tiene un impacto negativo sustancial en el medio ambiente debido a su uso excesivo de recursos naturales. Por ello, se acordó implementar edificaciones sostenibles en el Perú para contrarrestar los efectos nocivos sobre el medio ambiente. Según Francesca Mayer, presidenta del Consejo Peruano de Construcción Sostenible, desde el 2006 menciona que en el país surge un movimiento de construcciones sostenibles.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el 2008 dispone de un Plan de Gestión Ambiental Sectorial que establece el mecanismo de fiscalización y control ambiental en actividades de construcción, urbanismo y saneamiento que promueve la mejora de la calidad ambiental en los ámbitos urbanos y rurales. Por esta razón, el Gobierno Peruano



aprobó el Código Técnico de Construcción Sostenible en el año 2015, la cual tiene como objetivo mejorar el criterio técnico, diseño y construcción de una edificación. También se busca fomentar la eficiencia energética e hídrica de los edificios, teniendo en cuenta las condiciones bioclimáticas del lugar, el uso de aguas residuales tratadas y el uso de equipos o sistemas eficientes desde el punto de vista energético. Las empresas a cargo de la construcción han acordado producir estructuras sostenibles con el fin de minimizar la contaminación ambiental.



### MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Enfoque

La investigación tiene un enfoque **cuantitativo** debido a que se recolecto y anoto los resultados de manera secuencial y probatorio para contrastar con la hipótesis planteada, se determinaron y midieron las variables para luego ser analizadas las mediciones obtenidas mediante métodos estadísticos y llegar a tener las conclusiones de las hipótesis planteadas. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

El estudio es cuantitativo, porque se mide la variable plástico PET; mediante sus dimensiones; propiedades físicas, propiedades mecánicas, a fin de realizar el contraste de las hipótesis de investigación formuladas, para informar sobre las conclusiones de investigación.

#### 3.2. Alcance

El proyecto de investigación es explicativo, ya que está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos sucedidos, se enfoca en explicar la causa de como ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o porque se relacionan dos o más variables, además de que proporciona un sentido de entendimiento del fenómeno al que hacen referencia. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

La investigación explica la causa que origina la inclusión de plástico PET reciclado en la producción de unidades de albañilería, y tiene en efecto la variación de las propiedades

físicas, propiedades mecánicas de la unidad de albañilería.

### **3.3. Diseño de investigación**

El diseño de investigación es experimental, debido a que se manipula de manera intencional la variable independiente y la variable dependiente se controla y mide (Hernández, Fernández, Baptista, 2014).

Se ha manipulado la variable plástico PET, incorporando el plástico PET en diferentes proporciones hasta obtener la cantidad máxima de plástico PET para la fabricación de unidades de albañilería clase IV, se ha medido la variable dependiente propiedades físico – mecánicas mediante los ensayos de laboratorio.

### **3.4. Población y muestra**

#### **3.4.1. Población**

Es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado.

La población está compuesta por 120 unidades de albañilería con incorporación de plástico PET en proporciones de 0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10% y 72 unidades de albañilería sin incorporación de plástico PET para hallar la dosificación adecuada de los materiales y obtener unidades de albañilería clase IV, con un total de 192 unidades de albañilería para realizar las pruebas clasificatorias y no clasificatorias según la norma.

#### **3.4.2. Muestra**

No existe muestra, es un censo, porque se ha estudiado las 192 unidades de albañilería.



### **3.4.3. Muestreo**

El muestreo es de tipo no probabilístico por juicio de experto debido a que se tomó como muestra 24 unidades de albañilería para realizar cada ensayo, todas bajo la dosificación de 140kg/cm<sup>2</sup>.

Para el muestreo primero se tuvo que obtener una muestra representativa de la unidad de albañilería con máxima inclusión porcentual de plástico PET y mediante el ensayo característico a compresión obtuvimos que con el 7.5% de plástico PET se obtiene una unidad de albañilería clase IV la cual usaremos como producto de investigación.

## **3.5. Hipótesis**

### **3.5.1. Hipótesis general**

La incorporación del plástico PET reciclado en la fabricación de unidades de albañilería incide significativamente en sus propiedades físico mecánicas para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho

### **3.5.2. Hipótesis específica.**

1. La granulometría del plástico PET influye significativamente en la resistencia a la compresión en la unidad de albañilería.
2. La dosificación del Plástico PET en diferentes proporciones influye significativamente en la resistencia a la compresión.
3. La cantidad máxima de plástico PET reciclado influye en la resistencia a la compresión en unidades de albañilería clase IV respecto del patrón.



### 3.6. Operacionalización de variables

#### 3.6.1. Variables

Al tener un alcance Explicativo, la investigación tiene como variable independiente y dependiente lo siguiente:

- ❖ **Variable independiente:** Es la incorporación de plástico PET en el diseño de mezcla para la fabricación de unidades de albañilería.
- ❖ **Variable dependiente:** Son las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería.

#### Definición Conceptual

- ❧ Propiedades Físicas: Son los parámetros que se evalúan y deben cumplir las unidades de albañilería según la norma E-070 las cuales son: variación dimensional, alabeo, absorción y densidad natural
- ❧ Propiedades Mecánicas: Son aquellas que describen el comportamiento de la unidad de albañilería mediante las fuerzas aplicadas sobre la unidad de albañilería.

#### Definición Operacional

- ❧ Propiedades Físicas: Estas propiedades están relacionados a la variación dimensional, alabeo, absorción y densidad natural de la unidad de albañilería que se comprobará mediante los ensayos de laboratorio.
- ❧ Propiedades Mecánicas: Esta propiedad está relacionada a la resistencia característica a la compresión que se comprobará mediante ensayos de laboratorio.

#### 3.6.2. Indicadores

- ❧ **Indicador de la variable Independiente:** El indicador de la investigación son el Peso (Kg) del PET triturado, porcentajes de plástico PET que se agrega a la dosificación del diseño de mezcla patrón.



☞ **Indicador de la variable Dependiente:** Como primer indicador de la variable dependiente tenemos a las propiedades físicas (variación dimensional (mm), Alabeo (mm), Absorción (%) y Densidad ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )). Como segunda variable dependiente tenemos a la propiedad Mecánica (resistencia a la compresión de la unidad de albañilería ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), resistencia a la compresión en pilas)

**Tabla 3. 1**

*Operacionalización de Variables*

<b>variables de caracterización</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>dimensiones</b>	<b>medición</b>	<b>indicadores</b>	<b>Rango</b>
Adición de plástico PET	Independiente	Cantidad de plástico PET Granulometría Dosificación	% en volumen mm mm	porcentaje tamaño arena, confitillo y cemento	2.5%. 5%, 7.5% y 10% < 2mm
<b>variables de interés</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>dimensiones</b>	<b>medición</b>	<b>indicadores</b>	
Propiedades físicas	Dependiente	Absorción Variación dimensional Alabeo Densidad	% mm mm $\text{gr}/\text{cm}^3$	Resultado de las mediciones de las unidades de albañilería	
Propiedades Mecánicas	Dependiente	Resistencia a la compresión	$\text{kg}/\text{cm}^2$	Resultado de las roturas de las unidades de albañilería	

### 3.7. Técnicas e instrumentos de la Investigación.

#### 3.7.1. Técnicas

La técnica que se usará en esta investigación será el de análisis de observación debido a que se recolectaron datos mediante algunos dispositivos utilizados las cuales son: cámara fotográfica balanza digital calibrada, equipo universal de esta manera las unidades de albañilería hechos con incorporación de plástico PET, serán registrados y anotados según los ensayos realizados en el laboratorio de acuerdo a los requerimientos y especificaciones de la

Norma Técnica NTP 399.604.

### 3.7.2. Instrumentos

Es la recolección de datos que se obtiene a partir de cada ensayo que se realiza a las unidades de albañilería, estos resultados serán validados por especialistas que laboran en el laboratorio de INGEOTECON la cual consiste en seleccionar datos informativos de los ensayos realizados, a fin de obtener los resultados.

Los registros para obtener los datos de las propiedades físico - mecánicas serán según SENCICO (2006), las normativas E070 Albañilería para el control en la variación dimensional, alabeo, absorción, densidad natural y resistencia a compresión de las unidades de albañilería.

Los valores serán de acuerdo a los parámetros ya definidos en la norma E-070, mediante el cual se realizará el estudio respectivo de la investigación, de este modo se proseguirá con el diseño de mezcla para unidades de albañilería con plástico PET reciclado.

**Tabla 3. 2**

*Propiedades Físicas de las Unidades de Albañilería*

<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	<b>RANGO PERMITIDO</b>	<b>UNIDAD</b>
	<i>LONGITUD = 0.61 &lt; 1</i>	
<b>Variación dimensional</b>	<i>ANCHO = 1.22 &lt; 2</i> <i>ALTURA = 0.3 &lt; 3</i>	%
<b>Alabeo</b>	1.29mm < 2mm	mm
<b>Absorción</b>	7.8 < 22	%
<b>Densidad natural</b>	1.93	tn/m <sup>3</sup>
<b>Resistencia a compresión</b>	170	kg/cm <sup>2</sup>

### 3.7.3. *Confiabilidad y Validez*

La confianza estadística es necesaria para garantizar la validez y exactitud del análisis estadístico; se refiere a la capacidad de repetir los resultados tantas veces como sea necesario. Esto se debe a que infunde confianza en el análisis estadístico y en los resultados.

Para esta investigación se realizaron los respectivos ensayos a la unidad de albañilería, para la hipótesis planteada se tendrá en cuenta la propiedad mecánica (resistencia a la compresión), se enfatiza más debido a que por medio de este resultado podremos saber a qué clase pertenece la unidad de albañilería, esta investigación se desarrolló en dos grupos la cual el primer grupo no se incorpora el plástico PET reciclado de este modo se obtiene la unidad de albañilería patrón, a partir de ello se hace la incorporación del plástico PET reciclado en diferentes proporciones, para lo cual mediante estos ensayos obtendremos los resultados y podremos ver como es el comportamiento de cada unidad de albañilería y cómo influye en la presente investigación

#### 3.7.3.1. **Pruebas Estadísticas Paramétricas**

Las pruebas paramétricas tienen la capacidad de verificar la existencia de la relación real o verdadera entre dos variables. Por ello, exigen que los datos a los que se aplican, cumplan tres criterios.

**Variabilidad Numérica:** La variable de estudio (dependiente) debe estar medida en una escala que sea, por lo menos, de intervalo e, idealmente, de razón. (Rubio & Berlanga, 2011)

**Normalidad:** Los valores de la variable dependiente deben seguir una distribución normal; por lo menos, en la población a la que pertenece la muestra. La distribución normal o gaussiana (porque su forma representa la campana de Gauss) es la distribución teórica mejor estudiada y debe su importancia fundamentalmente a la frecuencia con la que distintas variables asociadas a fenómenos naturales y cotidianos siguen,



aproximadamente, esta distribución normal. (Rubio & Berlanga, 2011)

**Homocedasticidad:** Las varianzas de la variable dependiente en los grupos que se comparan deben ser aproximadamente iguales. Por ello uno de los pasos previos a la comprobación de la existencia de diferencias entre las medias de varias muestras es determinar si las varianzas en tales muestras son iguales, es decir, comprobar si se cumple la condición de homogeneidad de varianzas, ya que del cumplimiento de esta condición dependerá la formulación que empleemos en el contraste de medias. (Rubio & Berlanga, 2011)

### **3.7.3.2. Tipo De Prueba De Hipótesis**

En esta investigación se utilizará la prueba de dos factores, donde el nivel de significancia se divide en dos, uno para el rechazo de la hipótesis nula  $H_0$  y la otra para la hipótesis alternativa  $H_a$ .

#### **3.7.3.2.1. Nivel de significancia**

El nivel de significancia en una prueba de hipótesis es el valor " $\alpha$ " que es asignado por el investigador. Es representado en porcentaje, por ello el nivel de significancia para esta prueba será 5% ( $\alpha = 0.05$ ). (Paúcar, 2019)

#### **3.7.3.2.2. El valor de p**

El valor p es una representación numérica de la diferencia observada entre los grupos comparados que se explica solo por casualidad. (Paúcar, 2019)

- Cuanto menor sea el valor de p, mayor será la evidencia en contra de la hipótesis nula ( $H_0$ ), lo que significa que es más probable que cualquier diferencia encontrada en el estudio sea real que casual.
- El resultado es estadísticamente significativo si el valor  $< \alpha$ .
- Con una confianza alfa de 0,05, un valor de  $p < 0,001$  se considera una prueba muy fuerte de significancia estadística para  $H_0$ , mientras que un valor de  $p > 0,1$  indica una



prueba débil de  $H_0$ .

### **3.7.3.2.3. Prueba de normalidad**

Prueba estadística que certifica la normalidad o no de las variables, son pruebas para determinar si unos conjuntos de datos se distribuyen de una forma que es consistente con una distribución normal. En estadística, las pruebas de normalidad se utilizan para determinar si un conjunto de datos está bien modelado por una distribución normal y para calcular la probabilidad de que una variable aleatoria subyacente al conjunto de datos se distribuya de forma normal. (Zavala, 2019)

$H_0$  : Datos se aproximan a la distribución normal (p- valor  $\geq \alpha$ )

$H_a$  : Datos no se aproximan a la distribución normal (p- valor  $< \alpha$ )

En: (SPSS, p= Sig.= Significancia o significación calculada)

Sig.: nivel de significación =0.05 (lo que está fuera de 95% de probabilidades)

Entonces:

Si, Sig. (p-valor)  $> 0.05$  aceptamos  $H_0$  (hipótesis nula)  $\rightarrow$  distribución normal

Si, Sig. (p-valor)  $< 0.05$  Rechazamos  $H_0$  (hipótesis nula)  $\rightarrow$  distribución no normal

### **3.7.3.2.4. Decisión estadística de ANOVA**

El criterio para decidir es:

Si la probabilidad obtenida p-valor  $\leq \alpha \rightarrow$  Rechace  $H_0$  (se acepta  $H_a$ )

Si la probabilidad obtenida p-valor  $> \alpha \rightarrow$  No se rechace  $H_0$ , (se acepta  $H_0$ )

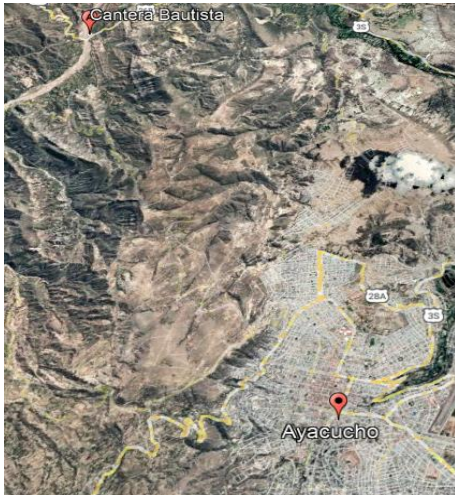
## **3.8. Desarrollo de la investigación de tesis**

### **3.8.1. Selección de muestra de agregados**

Los materiales a utilizar serán: agregado grueso (confitillo) y agregado fino (arena) que fue abastecida de la cantera “Bautista” procedente del rio cachi, está ubicado a 19km en el c.p Compañía, distrito de Pacaycasa departamento de Ayacucho, geográficamente se encuentra en las coordenadas 13°05'28.89" Sur y 74°16'28.89" Oeste.

### Figura 3.1

*Ubicación de la Cantera Rio Cachi "Bautista".*



### Figura 3.2

*Identificación de los Agregados a Utilizar.*



a) Agregado Grueso (confitillo)



b) Zarandeado del agregado grueso

### 3.8.2. Análisis de los agregados en el Laboratorio.

#### 3.8.2.1. propiedades físicas de los agregados

Los ensayos físicos hacen referencia a las pruebas que se hacen en el análisis de las muestras usadas en el diseño de mezcla según la norma E.070, luego se pasará a obtener los siguientes ensayos. En la tabla 3.3, podemos observar el resumen de las características físicas de los

agregados provenientes de la cantera Cachi, realizados en el laboratorio cuyos resultados cumplen de acuerdo a la norma NTP 400.037.

**Tabla 3. 3**

*Propiedades Físicas de los Agregados*

<b>Propiedades Físicas</b>	<b>Agregado</b>	<b>Agregado</b>
	<b>Fino</b>	<b>Grueso</b>
<b>Peso específico de la muestra</b>	2.53 $gr/cm^3$	2.53 $gr/cm^3$
<b>Peso específico de la muestra saturada con superficie seca</b>	2.61 $gr/cm^3$	2.61 $gr/cm^3$
<b>Peso específico aparente de la muestra</b>	2.74 $gr/cm^3$	2.70 $gr/cm^3$
<b>Peso unitario suelto seco</b>	1.64 $gr/cm^3$	1.54 $gr/cm^3$
<b>Peso unitario seco compactado</b>	1.77 $gr/cm^3$	1.62 $gr/cm^3$
<b>Contenido de humedad</b>	1.3%	1.14%
<b>Absorción</b>	3.02%	1.92%
<b>Módulo de finura</b>	3.37	5.8
<b>Desgaste de la abrasión</b>	-	12.5%

### 3.8.2.1. Característica Físicas del PET:

En la siguiente tabla podremos ver las características físicas del plástico PET reciclado.

**Tabla 3. 4**

*Características del Plástico PET*

<b>PLÁSTICO PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO)</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>Peso específico de masa</b>	1.32 $gr/cm^3$
<b>Peso unitario suelto seco</b>	0.295 $gr/cm^3$
<b>Peso unitario seco compactado</b>	0.376 $gr/cm^3$
<b>Módulo de finura</b>	5.62

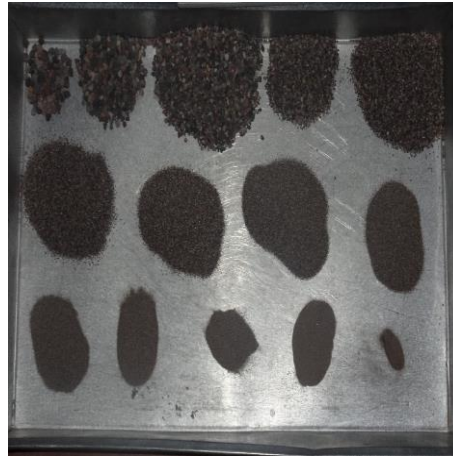
*Fuente:* Echeverría, 2017.



$$MF = \frac{N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

**Figura 3.4**

*Ensayo Granulométrico*



a) Ensayo granulométrico de agregado grueso      b) Ensayo granulométrico de agregado fino (arena)

### 3.8.2.4. Determinación del contenido de Humedad natural de los agregados

El contenido de humedad (W%) de los agregados es obtenido mediante el ensayo realizado en el laboratorio según la norma NTP 339.185:2013 (echevarria,2016)

#### Procedimiento:

- Primero se pesa el agregado húmedo en un recipiente, luego se lleva al horno durante un periodo de 24 horas a una temperatura que está en el rango de  $(110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C})$
- Se pesa con una balanza digital (aproximación de 0.1g ó 0.1%) para determinar la cantidad.
- Se retira del horno para luego ser pesado y tener la cantidad de agua evaporada mediante la siguiente fórmula:

$$W\% = \frac{w_h - w_s}{w_s} \times 100$$

Donde:

$w_h$ : peso húmedo de la muestra

$w_s$ : peso seco de la muestra

### Figura 3.5

*Proceso para Determinar el Contenido de Humedad del Agregado Grueso (Confitillo)*



a) Selección de Muestra



b) Secado de Muestra Durante 24 horas a una T° 110 °C.

#### **3.8.2.5. Peso específico y absorción.**

##### **3.8.2.5.1. *Peso específico aparente, real y absorción del agregado fino.***

Según la norma NTP 400.022:2013 para realizar este ensayo es necesario seguir con los procedimientos indicados y de esta manera se podrá determinar el peso específico saturado, peso específico aparente y la absorción del agregado fino.

**Instrumentos:** Balanza, cono y pisón, Fiola de 250 ml, agregado (500 gr), horno (a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ), dispositivos de registro.

#### **Procedimiento:**

- La muestra después del cuarteo, se lleva al horno durante 24 horas a ( $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ), se satura la muestra y se deja reposar durante un periodo de 24 horas.
- En un molde cónico de dimensiones (diámetro mayor=9 cm, diámetro menor= 4 cm, altura =7.5 cm) se introduce el material, con el apisonador metálico luego se da 25 golpes para compactar, luego se retira el cono de forma vertical para saber si aún hay humedad superficial, si el material tiene la misma forma del cono es que aún hay humedad, pero si el agregado se disgrega lentamente es porque la muestra en el aire se encuentra en estado saturado superficialmente seco (SSS).

- Se introduce el agregado que se encuentra en estado (SSS) al picnómetro de capacidad de 250 gr se llenó con agua hasta un 90% de su volumen para luego ser agitada por un tiempo de 20 min. Aproximadamente, luego se completó con agua el picnómetro hasta llegar al nivel de enrase.
- Se procede a pesar el picnómetro con el agua y agregado dentro.

Se vertió el material en un recipiente de peso conocido para luego ser llevado al horno para el secado a una temperatura de  $(110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C})$  luego se peso la muestra seca y mediante la siguiente formula obtendremos los resultados:

$$Pem = \frac{w_0}{V_p - V_a}$$

$$PeSSS = \frac{V_p}{V_p - V_a}$$

$$Pea = \frac{w_0}{(V_p - V_a) - (w_a - w_0)}$$

$$\%abs = \frac{w_a - w_0}{w_0}$$

*Donde:*

$w_0$ : Peso en el aire de la muestra seca (gr)

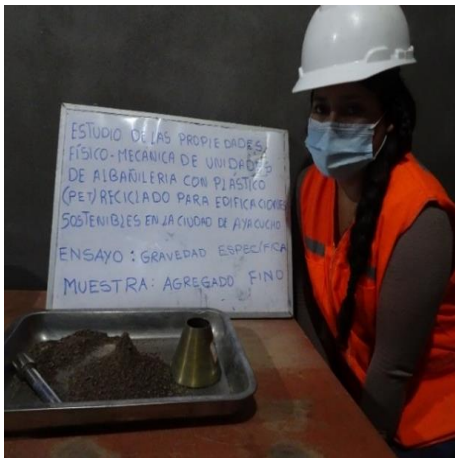
$V_a$ : Peso (gr) o volumen (cm<sup>3</sup>) del agua dentro del picnómetro.

$V_p$ : Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>

$w_a$ : Peso de la muestra seca (gr) en el aire

**Figura 3.6**

*Ensayo de Gravedad Específica*



a) Ensayo de gravedad específica



b) Pesaje del picnómetro aforado



c) Picnómetro Aforado con Muestra Lleno de Agua



d) secado de la Muestra en el Horno

**a) Peso específico aparente, real y absorción del agregado grueso (confitillo)**

Según la norma NTP 400.021:2013 define el procedimiento para realizar el ensayo y así validar el peso específico seco, saturado, aparente y la absorción del agregado grueso.

**Instrumentos:** Recipiente, horno, balanza digital (con aproximación de 0.1g ó 0.1%), varilla apisonadora, notas de registro.

**Procedimiento:**

- La muestra a utilizar es aquella muestra que es retenida en el tamiz N° 8, se lava, se lleva al horno durante 24 horas a una temperatura de  $(110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C})$  para su respectivo

secado, se satura con agua y se deja reposar por un periodo de 24 horas.

- Se procede a secar la muestra con una franela una vez alcanzado su estado saturado superficialmente seco (SSS) luego se pesa la muestra.
- Teniendo la muestra en estado (SSS), se coloca en una canastilla, se sumerge en un envase con agua de esta manera se obtiene el peso sumergido.
- La muestra sumergida se coloca en un recipiente de peso conocido luego se lleva al horno para el secado a una temperatura de  $(110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C})$ , se pesa la muestra seca y mediante la siguiente formula se obtienen los resultados:

$$Pem = \frac{A}{B - C} \times 100$$

$$PeSSS = \frac{B}{B - C} \times 100$$

$$Pea = \frac{A}{A - C} \times 100$$

$$\%abs = \frac{B - C}{A} \times 100$$

Donde:

*A*: peso de la muestra en el aire (gr)

*B*: peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr)

*C*: peso de la muestra en el agua

### Figura 3.7

#### Ensayo de Gravedad Específica del Agregado Grueso (Confitillo)



a) Confitillo Saturado Superficialmente Seco

b) Canastilla Sumergida en Agua con Muestra

#### 3.8.2.6. Peso Unitario

Para conocer el peso seco volumétrico y compactado del agregado. se procedió a seguir según la norma NTP 400.017:2011

**Instrumentos y materiales:** Agregado, Recipiente, horno, balanza digital (con aproximación de 0.1g o 0.1%), Varilla apisonadora.

#### Procedimiento:

- Se tomó la muestra y se colocó dentro del horno para su secado durante un periodo de 24 horas a una temperatura de  $(110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C})$ .
- Para el ensayo de Peso unitario suelto, primero se llena la olla con una pala metálica dejando caer desde una altura de 5 cm aproximadamente hasta que llene, luego se pesa y anota los resultados, este procedimiento se realizó varias veces para tener un promedio.
- Para desarrollar el ensayo de peso unitario compactado, primero procedemos con el llenado del recipiente con la muestra solo hasta la tercera parte de su capacidad, luego se compacta con una varilla metálica dando 25 golpes de forma constante, después se

llenó hasta las dos terceras partes de su capacidad y se compacto con 25 golpes con la varilla metálica sin penetrar la primera capa ya compactada, finalmente se llenó el recipiente y se compacto dando 25 golpes con la varilla metálica.

- Se enrasa la capa superficial de la muestra con el borde del recipiente, usando la varilla metálica, mediante este procedimiento se determina el peso de la masa del recipiente más el contenido del agregado, el valor se registra.
- Se determina el volumen real del recipiente mediante el llenado del recipiente con agua que se encuentra a 16 °C, luego se pesa, realizamos la interpolación en la tabla de densidad de agua, para el peso específico del agua, el peso volumétrico se calculará con las siguientes fórmulas:

$$P_{unit.Suelto} = \frac{P_{suelto}}{V_{recipiente}}$$

$$P_{unit.Compacto} = \frac{P_{compacto}}{V_{recipiente}}$$

**Figura 3.8**

*Ensayo de Peso Unitario*



a) Aforado de la Muestra



b) Compactación de la Muestra



C) Enrasado de la Muestra



d) Pesaje de la Muestra

### 3.8.2.7. Resistencia a la abrasión

Este ensayo se realiza para determinar el porcentaje de desgaste del agregado grueso (confitillo), este ensayo se realiza de acuerdo a la norma NTP 400.019:2014

**Instrumentos y materiales:** Balanza, agregado 5000 gr pasante la malla 3/4" retenida en el tamiz N° 8, máquina de los ángeles con 8 esferas como masas abrasivas, notas para registro.

#### Procedimiento:

Los cálculos se realizarán con las siguientes relaciones:

$$\% \text{abrasión} = \frac{w_0 - w_f}{w_0} \times 100$$

Donde:

$w_0$ : Peso inicial de la muestra (gr).

$w_f$ : peso final de la muestra (gr).

**Figura 3.9**

*Ensayo de Abrasión en Máquina de los Ángeles*



a) Muestra del Agregado Grueso (Confitillo)



b) Muestra del Agregado Fino



c) Muestra dentro de la Máquina de los Ángeles



d) Desgaste de los Agregados

**Tabla 3. 5**

*Muestra del Agregado Grueso*

<b>MUESTRA DEL AGREGADO GRUESO (Confitillo)</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>
<b>M1</b>	$w_0$ : Peso inicial	5000	5000
<b>M2</b>	$w_f$ : peso final	4029.7	4032.8

**Tabla 3. 6**

*Muestra del Agregado Fino*

<b>MUESTRA DEL AGREGADO FINO (arena)</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (gr)</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>
M1	$w_0$ : Peso inicial	5000	5000
M2	$w_f$ : peso final	4142.6	4125.8

### 3.8.3. Características físicas del plástico PET

#### 3.8.3.1. Recolección y triturado del PET

**Instrumentos y materiales:** Escobillones, jabón líquido, máquina trituradora de plástico.

**Procedimiento:**

- El plástico PET se obtiene a partir de la recolección de botellas descartables de plástico de los diferentes lugares de la ciudad de Ayacucho.
- Se lavaron con unos escobillones y se dejaron en el sol para su secado.
- Posteriormente se llevó a triturar.

**Figura 3.10**

*Empresa trituradora de plástico PET*



a) Acopio de Plástico PET



b) Maquinaria Trituradora de Plástico PET

### 3.8.3.2. Tamizado

Este ensayo se realiza con la finalidad de obtener tamaño homogéneo del plástico PET con los tamices pasantes por la malla N°8 y retenidos en la malla N°10

**Instrumentos y materiales:** Se utilizarán tamices con las siguientes mallas N°8 y N°10, hojuelas de plástico PET.

#### **Procedimiento:**

- Se procedió a tamizar el plástico PET con el tamiz N°8 (pasante), y los retenidos en el tamiz N°10 solo este tamaño se utilizó para la elaboración de las unidades de albañilería.

#### **Figura 3.11**

*Tamizado de las Muestras (Confitillo, Arena y PET).*



a) Tamizado de Plástico PET



b) Pesado del Plástico PET

### 3.8.4. Diseño y elaboración de Unidades de Albañilería patrón.

#### 3.8.4.1. Diseño de mezcla para Unidades de Albañilería Patrón sin PET

**Figura 3.12**

*Dosificación de los agregados*



**Tabla 3. 7**

*Dosificación de Materiales para Obtener Unidades de Albañilería Patrón*

MUESTRA	CEMENTO (kg)	ARENA (kg)	CONFITILLO (kg)	AGUA (L)
M1	4.6	23.4	9.3	4.2
M2	5.2	22.3	12.1	5.2
M3	5.4	22.1	11.9	4.9

**Tabla 3. 8**

*Dosificación por Metro Cúbico de Concreto  $f'c= 140 \text{ Kg/cm}^2$*

MATERIALES POR METRO CÚBICO DE CONCRETO $f'c= 140 \text{ Kg/cm}^2$		
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
CEMENTO	258.54	Kg
AGUA	212.00	Lt
CONFITILLO	648.62	Kg
ARENA	1190.05	Kg

### 3.8.4.2. Elaboración de Unidades de Albañilería

#### Elaboración:

El proceso de elaboración de las unidades de albañilería se realizará mediante la máquina “BLOQUETERA AMERICANA” para la cual realizaremos el pesado de los agregados, cemento, agua para la producción de unidades de albañilería.

#### Procedimiento:

- Se realizó el pesaje de las dosificaciones de los materiales que se utilizaran en el proceso de fabricación de las unidades de albañilería.
- La elaboración de las unidades de albañilería se realiza de acuerdo al diseño de mezcla y con la dosificación adecuada.

#### Figura 3.13

*Proceso de fabricación de Unidades de Albañilería*

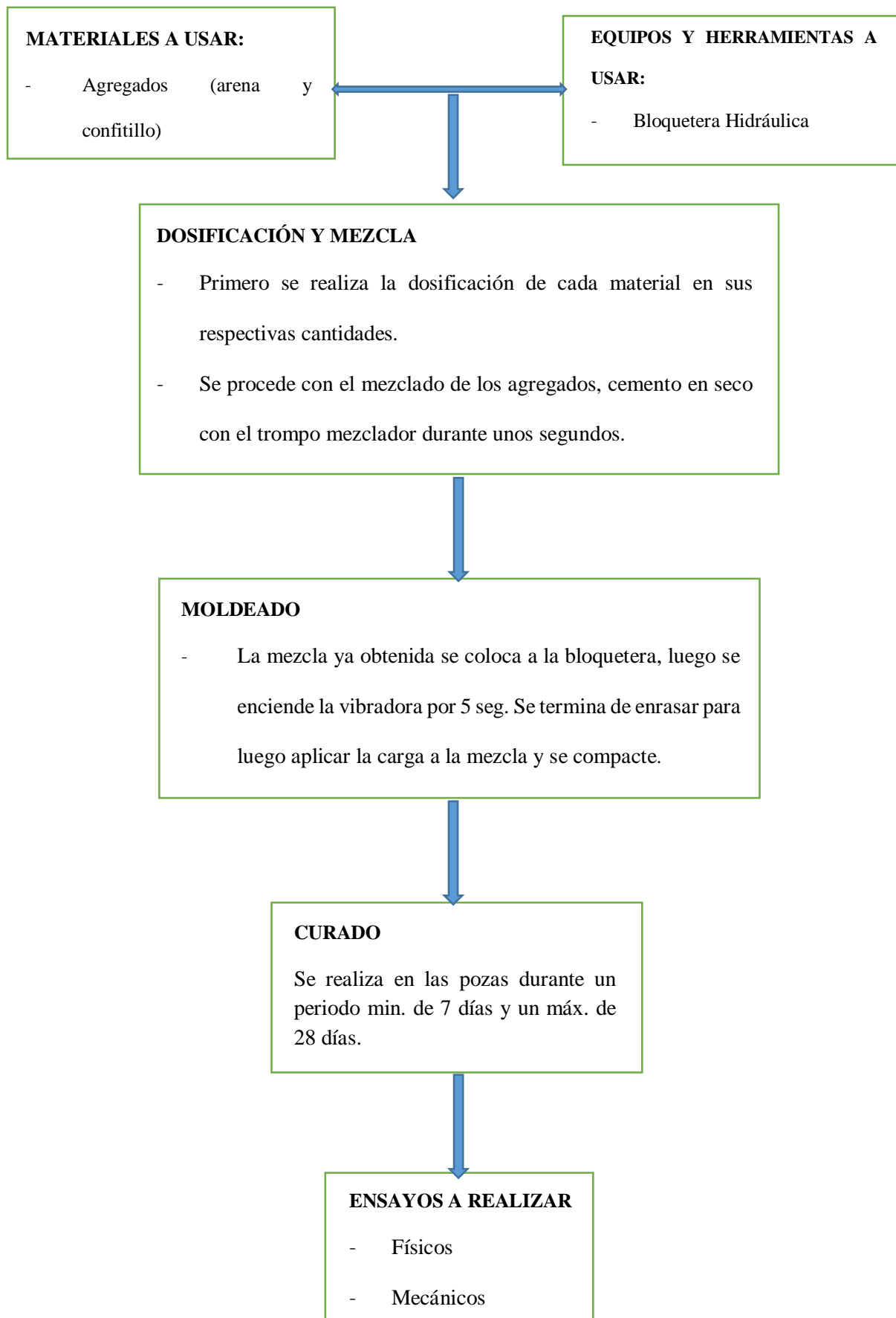


a) Mezcla de Materiales



b) Muestras de Unidades de Albañilería

## PASOS PARA LA ELABORACION DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA



### **Curado:**

El curado se realizará después de haber transcurrido un periodo de 24 horas de su elaboración, se enumera la muestra, seguido a ello se lleva al pozo para sumergir la unidad de albañilería y que el nivel del agua sobrepase a las unidades de albañilería y se dejará por un periodo de 28 días.

### **Figura 3.14**

*Curado de las unidades de albañilería en las pozas*



### **3.8.5. Dosificación y elaboración de unidades de albañilería con diferentes proporciones de Plástico PET.**

#### **3.8.5.1. Dosificación variando el tamaño del plástico PET**

Para el siguiente experimento se utilizarán proporciones de PET pasantes la malla N° 8 que en dimensión son aproximadamente ancho:2.36mm y el largo varía desde 2.36mm hasta 2.5mm. las partículas más alargadas. (Paucar, 2019 pag.50), se realiza de esta manera debido a que es el tamaño óptimo para que ayude a mejorar la resistencia característica a compresión de la unidad de albañilería.

**Figura 3.15**

*Dosificación de Muestras con PET*



**Tabla 3. 9**

*Dosificación con %PET en Diferentes Proporciones para 24 Unidades de Albañilería*

Nº	MUESTRA	CEMENTO (kg)	CONFITILLO (kg)	ARENA (kg)	PET (%)	PET (kg)	AGUA (L)
1	M-0%PET	11.47	64.16	34.91	0	0	10.5
2	M-2.5%PET	11.47	62.56	34.04	2.5	2.48	10.5
3	M-5.0%PET	11.47	60.95	33.17	5	4.95	10.5
4	M-7.5%PET	11.47	59.35	32.3	7.5	7.43	10.5
5	M-10%PET	11.47	57.74	31.42	10	9.91	10.5

### **3.8.5.2. Determinación de la trabajabilidad, segregación y exudación de las mezclas para unidades de albañilería.**

**Trabajabilidad:** Según Rivva, (2013) es una propiedad del concreto no endurecido que define su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que presente segregación.

## Figura 3. 16

### Ensayo del cono de Abrams



a) Medición del Slump con el Cono de Abrams

### 3.8.6. Característica de las propiedades físicas de unidades de albañilería con plástico

#### PET

#### 3.8.6.1. Variación dimensional

En este ensayo se determina las dimensiones (largo, ancho y altura) de la unidad de albañilería.

#### Procedimiento:

- Para cada unidad, se hará la medición y se registrará, el ancho, el largo y la altura, según las especificaciones de la norma NTP 399.604.
- En este ensayo se utilizará un vernier (Pie de rey).
- La variación dimensional se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$V(\%) = \frac{D_e - D_p}{D_e} \times 100$$

Donde:

$V$ : Variación dimensional (%)

$D_e$ : Dimensión prevista para su elaboración (mm)

$D_p$ : Dimensión promedio (mm)

**Figura 3.17**

*Ensayo de Variación Dimensional*



a) *Medición de unidades de albañilería con vernier*

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

Se realizó el pesaje de las unidades de albañilería en condiciones normales, después de los 28 días de su elaboración para tener un peso inicial; luego estas unidades fueron llevadas al horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante un periodo de 24 horas para obtener el peso seco.

#### **Instrumento:**

Para su medición se utiliza la balanza electrónica calibrada y horno o estufa para el secado.

#### **Procedimiento:**

- Se utilizarán las unidades enteras y tres de cada tipo en cada ensayo de acuerdo a las especificaciones de la NTP 399.604
- Los cálculos se realizarán con las siguientes relaciones:

$$\%h = \frac{W_0 - W_s}{W_s} \times 100$$

Donde:

*h*: contenido de humedad de la unidad de albañilería (%)

*W*<sub>0</sub>: Peso inicial (gr)

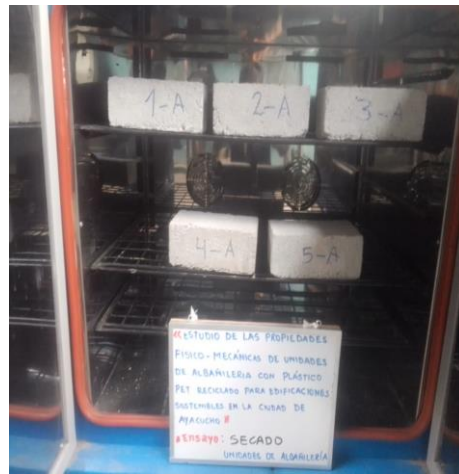
*W*<sub>s</sub>: Peso seco (gr)

**Figura 3.18**

*Ensayo de Absorción de humedad*



a) Secado de las unidades para obtener SSS



b) Secado de las Unidades de Albañilería en el Horno

### 3.8.6.2.1. Alabeo:

Este ensayo consiste en colocar la unidad de albañilería en una superficie plana, en la cara de asiento se coloca una regla metálica de forma diagonal para luego proseguir colocando una regla milimétrica en los espacios vacíos y así determinar si el alabeo es cóncavo o convexo; de esta manera se obtiene los resultados y nos muestra cual es la zona más alabeada, para el alabeo de la unidad de albañilería se registró el promedio.

**Figura 3.19**

*Ensayo de alabeo*



a) Medición del alabeo de la unidad de albañilería

### 3.8.6.3. Absorción

Para determinar la cantidad de agua que absorbe la unidad de albañilería estas primero se colocan en el horno a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante un periodo de 24 horas para tener un peso seco, luego estas unidades serán sumergidos en agua durante 24 horas para luego pesarlas y obtener el peso saturado, se ha realizado el ensayo de absorción a cinco unidades de albañilería para obtener la absorción máxima de acuerdo a las especificaciones de la NTP 399.604. La absorción se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$A(\%) = \frac{W_s - W_s}{W_s} \times 100$$

Donde:

*A*: Absorción (%)

*W<sub>S</sub>*: Peso saturado (gr)

*W<sub>s</sub>*: Peso seco (gr)

**Tabla 3. 10**

*Absorción y densidad con 7.5% PET para 5 unidades de albañilería.*

Unidad N°	Peso (gr)					Absorción (%)	Absorción Máxima (%)	Coeficiente de Saturación	Densidad (gr/cm3)
	Natural	Seco	Sumergido Fría	Saturado (24 h)	Saturado (5 h.Ebull.)				
<b>A-01</b>	3714	3613.00	2013	3883.00	4070.00	7.50	12.65	0.59	1.93
<b>A-02</b>	3720	3697.00	2069	3951.00	4150.00	6.90	12.25	0.56	1.96
<b>A-03</b>	3624	3528.00	2022	3877.00	4090.00	9.90	15.93	0.62	1.90
<b>A-04</b>	3725	3694.00	2087	4000.00	4200.00	8.30	13.70	0.61	1.93
<b>A-05</b>	3810	3661.00	2011	3900.00	4120.00	6.50	12.54	0.52	1.94
<b>PROMEDIO</b>						<b>7.82</b>	<b>13.41</b>	<b>0.58</b>	<b>1.93</b>

**Figura 3.20**

*Pesaje de la Unidad de Albañilería Después de Ser Sumergido Durante 24 Horas*



### 3.8.7. Determinación de la propiedad mecánica de unidades de albañilería

#### 3.8.7.1. Resistencia característica a compresión

Este ensayo se realizó con unidades secas, la cual se realizó el capping de azufre (se refrentó con azufre para uniformizar. Estos ensayos fueron realizados de acuerdo a las especificaciones de la NTP 399.604.

**Aparatos y equipos.** Máquina universal de compresión.

**Figura 3.21**

*Capping de Unidades de Albañilería*



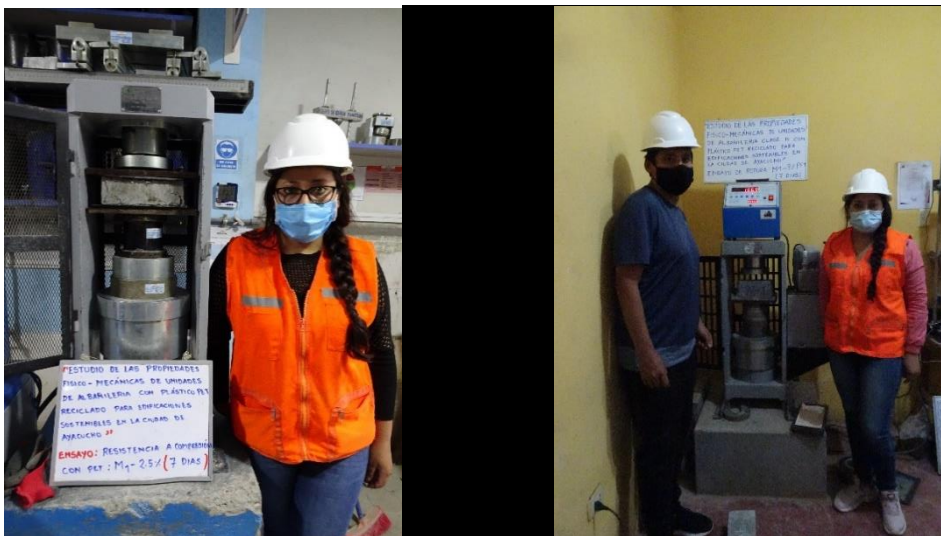
a) Desmolde del Capping



b) Capping de unidad de albañilería

**Figura 3.22**

*Rotura de unidades de albañilería*



### 3.8.8. Propiedades prismas de albañilería

#### 3.8.8.1. Ensayo de compresión axial en pilas

Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTP 399.605, la cual se fabricaron 06 pilas de albañilería con el diseño patrón y 06 pilas con 7.5% de plástico PET, debido a que con este porcentaje la unidad de albañilería cumple con las propiedades físico – mecánicas de unidades de albañilería clase IV, para ello tenemos que tener en cuenta

**Figura 3.23**

*Fabricación de pilas de albañilería*



### RESULTADOS

#### 4.1. Contrastación de hipótesis

La contrastación de la hipótesis se realiza de acuerdo al software “IBM SPSS Statistics”, se consideró lo siguiente:

- **Pruebas de normalidad**

**Tabla 4.1**

*Prueba de normalidad*

Hipótesis nula	valor $p > 0.05$	Los datos siguen una distribución normal
Hipótesis alternativa	Valor $p < 0.05$	Los datos no siguen una distribución normal

Si nuestros datos tienen distribución normal, el p-valor o nivel de Significancia debe ser superior a 0.05; en el caso que nuestros datos tengan una distribución no normal, el p-valor o nivel de Significancia debe ser menor o igual a 0.05 según la regla de decisión.

#### 4.2. Propiedades Físicas de la unidad de albañilería

##### 4.2.1. Prueba de variación dimensional de las unidades de albañilería con plástico PET

La variación dimensional se mide en largo, ancho y altura, por ello se ha utilizado análisis de varianza para cada una.

#### 4.2.1.1. Para el largo

- a) Planteamiento de la hipótesis nula y alternativa
- $H_0$ : No existe diferencia en la variación dimensional (largo) por incorporación de plástico PET reciclado de la unidad de albañilería (La incorporación del plástico PET reciclado no influye en la variación dimensional (largo) de la unidad de albañilería).
  - $H_a$ : Existe diferencia en la variación dimensional (largo) por incorporación de plástico PET reciclado en la unidad de albañilería. (La incorporación del plástico PET influye en la variación dimensional (largo) de la unidad de albañilería)
- b) Significancia de  $\alpha = 0,05$
- c) Realizamos la prueba de normalidad, para datos iguales a 50; se escoge la prueba de Shapiro Wilk (ver tabla 4.2) donde el  $p > 0.05$  por la cual estos datos provienen de una distribución normal.

**Tabla 4.2**

*Prueba de Normalidad de la Variación Dimensional (Largo)*

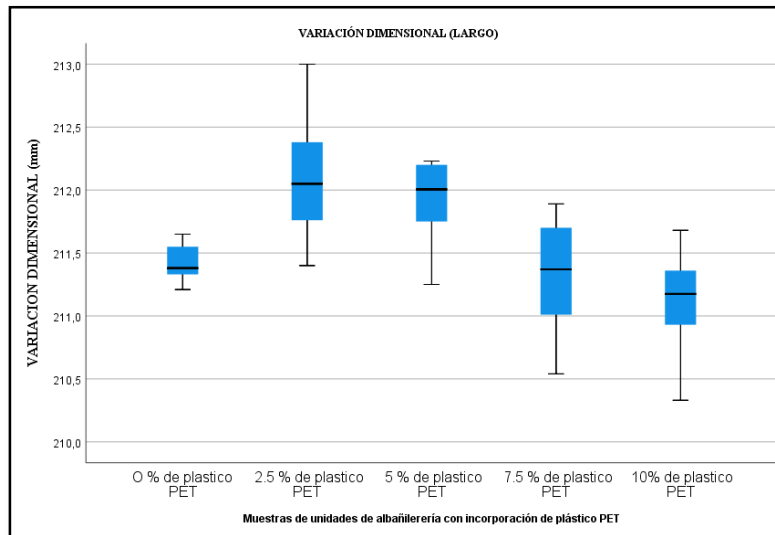
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
var	,180	50	,080	,834	50	,077

a. Corrección de significación de Lilliefors

- d) Según la figura 4.1 y tabla 4.3, muestra las estadísticas descriptivas de la variación dimensional (largo) de la unidad de albañilería resultando para las diferentes dosificaciones de plástico PET de 0% de plástico PET una media de 211,41, para la dosificación de 2.5% de plástico PET de 212,09 de media, en la dosificación de 5% de plástico PET resulto la media de 211,92, para la dosificación de 7,5% de plástico PET resulto una media de 211,28 y finalmente para el 10% de plástico PET 211,14 de media. Entonces la media con mayor diferencia fue al 2.5% de plástico PET.

**Figura 4.1**

*Variación Dimensional (largo) con incorporación de plástico PET*



**Tabla 4.3**

*Variación Dimensional (Largo) en diferentes Porcentajes de Plástico PET*

	% PET	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
LARGO	M - 0 %	211,41	,14	211,21	211,65
	M - 2.5%	212,09	,46	211,40	213,00
	M - 5%	211,92	,31	211,25	212,23
	M - 7.5%	211,28	,47	210,54	211,89
	M - 10%	211,14	,37	210,33	211,68

e) De acuerdo a la variación dimensional (largo) de la unidad de albañilería se muestra el p-valor (significancia) =0.077 donde p es mayor a 0.05; lo cual nos indica que proviene de una distribución normal y nos permite contrastar la hipótesis de investigación con una prueba paramétrica de ANOVA (ver tabla 4.4).

**Tabla 4.4***Análisis de Varianza (ANOVA) de la Variación Dimensional (Largo)*

Dimensión		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
LARGO	Entre grupos	6,979	4	1,745	12,654	,000
	Dentro de grupos	6,204	45	,138		
	Total	13,183	49			

- f) Según los resultados obtenidos nos muestra que existe diferencia en la variación dimensional (largo) para las diferentes proporciones de plástico PET reciclado, esto quiere decir que la incorporación de plástico PET (propiedad física) para la fabricación de unidades de albañilería influye en la variación dimensional (largo) de la unidad de albañilería para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.

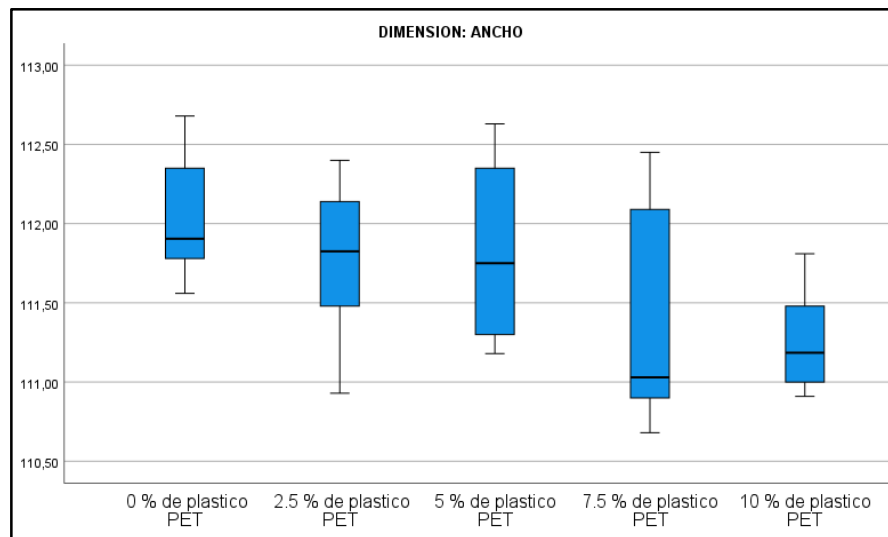
#### 4.2.1.2. Para ancho

1. Planteamiento de la hipótesis nula y alternativa
  - $H_0$ : No existe diferencia en la variación dimensional (ancho) por incorporación de plástico PET reciclado para la fabricación de unidades de albañilería (La incorporación del plástico PET no influye en la variación dimensional (ancho) de la unidad de albañilería.
  - $H_a$ : Existe diferencia en la variación dimensional (ancho) por incorporación de plástico PET para la producción de unidades de albañilería (La incorporación del plástico PET influye en la variación dimensional (ancho) de la unidad de albañilería)
2. Se estableció un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$  (nivel de confianza del 95 %)
3. Se realiza la prueba de normalidad, para una muestra igual a 50 datos, luego se escoge la prueba de Shapiro Wilk, cumpliéndose con la normalidad del p-valor es mayor a 0.05.

4. Según la figura 4.2 tabla 4.5, muestra las estadísticas descriptivas de la variación dimensional (ancho) en la unidad de albañilería resultando para la dosificación de 0% de plástico PET una media de 112,04, para la dosificación de 2.5% de plástico PET de 111,79 de media, en la dosificación de 5% de plástico PET resulto la media de 111,83, para la dosificación de 7,5% de plástico PET resulto una media de 111,35 y finalmente para el 10% de plástico PET 111,27 de media. Entonces la media con mayor diferencia fue al 0% de plástico PET.

**Figura 4.2**

*Variación Dimensional (Ancho) con incorporación de plástico PET*



**Tabla 4.5**

*Variación Dimensional (Ancho) con Incorporación de Plástico PET.*

	<b>Incorporación de plástico PET</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
ANCHO	0 % PET	112,04	,36	111,56	112,68
	2.5% PET	111,79	,50	110,93	112,40
	5% PET	111,83	,55	111,18	112,63
	7.5% PET	111,35	,69	110,68	112,45
	10% PET	111,27	,33	110,91	111,81

5. El ancho de la unidad de albañilería muestra que  $p=0.08$ , donde  $p>0.05$ ; lo cual los datos son provenientes de una distribución normal de esta manera podemos contrastar la hipótesis de investigación con la prueba paramétrica de ANOVA (ver tabla 4.6).

**Tabla 4.6**

*ANOVA de Variación Dimensional (ancho) con Porcentajes de Plástico PET*

		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
<b>ANCHO</b>	Entre grupos	4,36	4	1,09	4,34	,005
	Dentro de grupos	11,30	45	,251		
	Total	15,66	49			

6. Con la cual se contrasta que si existe diferencia en la variación dimensional (ancho) por incorporación de plástico PET en la unidad de albañilería, entonces la incorporación del plástico PET influye en la variación dimensional (ancho) de la unidad de albañilería para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.

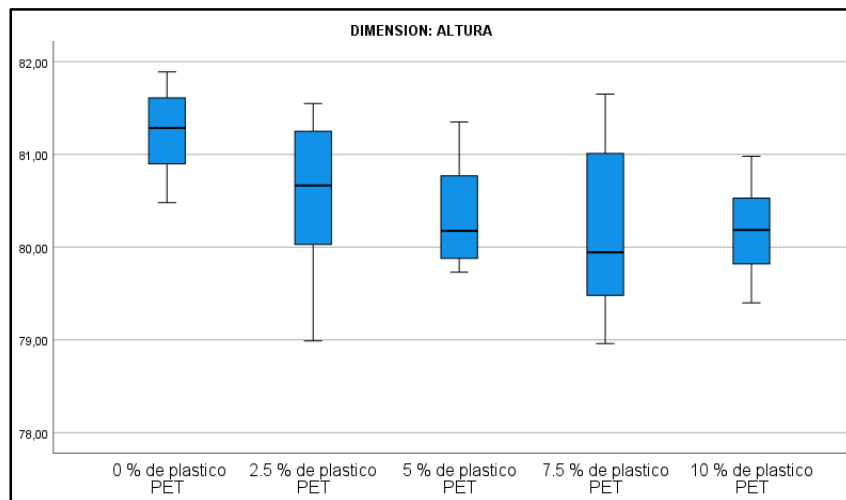
#### **4.2.1.3. Para la altura**

- Planteamiento de la hipótesis nula y alternativa
  - $H_0$ : No existe diferencia en la variación dimensional (altura) por incorporación de plástico PET para la fabricación de unidad de albañilería
  - $H_a$ : Existe diferencia en la variación dimensional (altura) por incorporación de plástico PET reciclado para la fabricación de la unidad de albañilería.
- Significancia de  $\alpha = 0,05$  (nivel de confianza del 95 %).
- Realizamos la prueba de normalidad para una muestra igual a 50 datos, se escoge la prueba de Shapiro Wilk, vemos que cumple con la normalidad debido a que  $p>0.05$ .
- Según la figura 4.3 y tabla 4.7, muestra las estadísticas descriptivas de la variación dimensional (altura) en la unidad de albañilería resultando para la dosificación de 0% de plástico PET una media de 81, 25, para la dosificación de 2.5% de plástico PET de

80,59 de media, en la dosificación de 5% de plástico PET resulto la media de 80,35, para la dosificación de 7,5% de plástico PET resulto una media de 80,24 y finalmente para el 10% de plástico PET 80,18 de media. Entonces hay una diferencia en la media fue al 0% de plástico PET.

**Figura 4.3**

*Variación Dimensional (Altura) con Inclusión de Plástico PET*



**Tabla 4.7**

*Variación Dimensional (Altura) con Inclusión de Plástico PET en Unidades de Albañilería*

	<b>Inclusión plástico PET</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
ALTURA	0 % PET	81,25	,47	80,48	81,89
	2.5% PET	80,59	,81	78,99	81,55
	5% PET	80,35	,55	79,73	81,35
	7.5% PET	80,24	,92	78,96	81,65
	10% PET	80,18	,48	79,40	80,98

- De acuerdo a la altura de la unidad de albañilería se muestra el p-valor (significancia)  $p=0.08 > 0.05$ , los datos provienen de una distribución normal lo que permite contrastar con la hipótesis de investigación al hacer uso de test estadístico de Análisis de varianza ANOVA (ver tabla 4.8) porque la variable dependiente es de tipo

cuantitativo (variación dimensional) y la variable independiente de tipo cualitativo (5 factores: 0% PET, 2.5% PET, 5% PET, 7.5% PET, 10% PET).

**Tabla 4.8**

*ANOVA de Variación Dimensional (Altura) con Incorporación de Plástico PET*

		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
ALTURA	Entre grupos	7,614	4	1,904	4,229	,005
	Dentro de grupos	20,256	45	,450		
<b>Total</b>		<b>27,870</b>	<b>49</b>			

6. Con la cual se contrasta que si existe diferencia en la variación dimensional (altura) por incorporación de plástico PET en la unidad de albañilería, entonces la incorporación del plástico PET influye en la variación dimensional (altura) de la unidad de albañilería para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.

#### **4.2.2. Pruebas de alabeo de las unidades de albañilería con plástico PET**

1. Planteamiento de la hipótesis nula y alternativa
  - $H_0$ : No existe diferencia en el alabeo por incorporación de plástico PET reciclado para la fabricación de unidades de albañilería.
  - $H_a$ : Existe diferencia en el alabeo por incorporación de plástico PET reciclado para la fabricación de unidades de albañilería.
2. Nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ .
3. Realizamos la prueba de normalidad para una muestra igual a 50 datos, se escoge la prueba de Shapiro Wilk (ver tabla 4.9) podemos observar que cumple con la normalidad para ambos casos ( $p > 0.05$ ),

**Tabla 4.9**

*Prueba de Normalidad del Alabeo en diferentes dosificaciones de plástico PET*

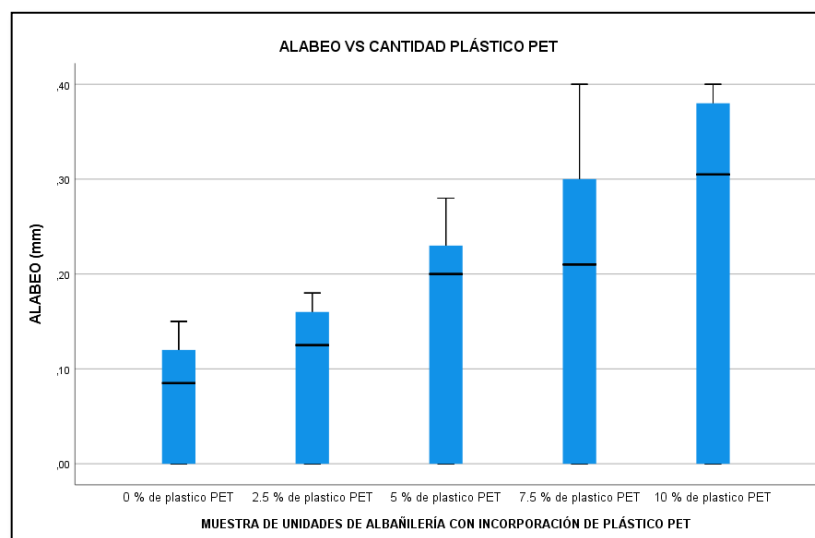
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
alabeo	,193	50	,075	,868	50	,065

a. Corrección de significación de Lilliefors

4. Según la tabla 4.10 y figura 4.4, muestra las estadísticas descriptivas del alabeo en la unidad de albañilería resultando para la dosificación al 0% de plástico PET una media de 0.065, mínimo de 0, máximo de 0.15 y una desviación estándar de 0.063. Para la dosificación de 2.5% de plástico PET de 0.091 media, en la dosificación de 5% de plástico PET resulto la media de 0.138, para la dosificación de 7,5% de plástico PET resulto una media de 0.175 y finalmente para el 10% de plástico PET 0.241 de media. Entonces las medias en las diferentes dosificaciones de plástico PET son diferentes.

**Figura 4. 4**

*Media del Alabeo de Unidades de Albañilería con Inclusión de Plástico PET*



**Tabla 4. 10***Alabeo en Diferentes Dosificaciones de la Unidad de Albañilería*

<b>% PET</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
M - 0 %	,0690	,06280	,00	,15
M - 2.5%	,0910	,08062	,00	,18
M - 5%	,1380	,12136	,00	,28
M - 7.5%	,1750	,16393	,00	,40
M - 10%	,2410	,17065	,00	,40

5. De acuerdo al alabeo de la unidad de albañilería se muestra el p-valor (significancia) =0.065 es mayor a 0.05 (nivel de significancia) este dato de alabeo provenientes de una distribución normal nos permite contrastar con la hipótesis de investigación con una prueba paramétrica; prueba de ANOVA (ver tabla 4.11).

**Tabla 4. 11***Análisis de Varianza del Alabeo de unidades de Albañilería con Plástico PET*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	,188	4	,047	2,900	,032
Dentro de grupos	,730	45	,016		
Total	,919	49			

6. Según los resultados obtenidos nos muestra que existe diferencia en el alabeo para las diferentes proporciones de plástico PET reciclado, esto quiere decir que la incorporación de plástico PET (propiedad física) para la fabricación de unidades de albañilería influye en el alabeo de la unidad de albañilería para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.

### 4.2.3. Prueba de absorción en unidades de albañilería con plástico PET

1. Planteamiento de la hipótesis nula y alternativa
  - $H_0$ : No existe diferencia en la absorción por incorporación de plástico PET en la unidad de albañilería.
  - $H_a$ : Existe diferencia en la absorción por incorporación de plástico PET reciclado en la unidad de albañilería.
2. Nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$
3. Realizamos la prueba de normalidad, debido a que tenemos 30 datos, escogemos la prueba de Shapiro Wilk (ver tabla 4.12), vemos que cumple la normalidad para ambos casos ya que el  $p > 0.05$ .

**Tabla 4. 12**

*Prueba de normalidad de la absorción*

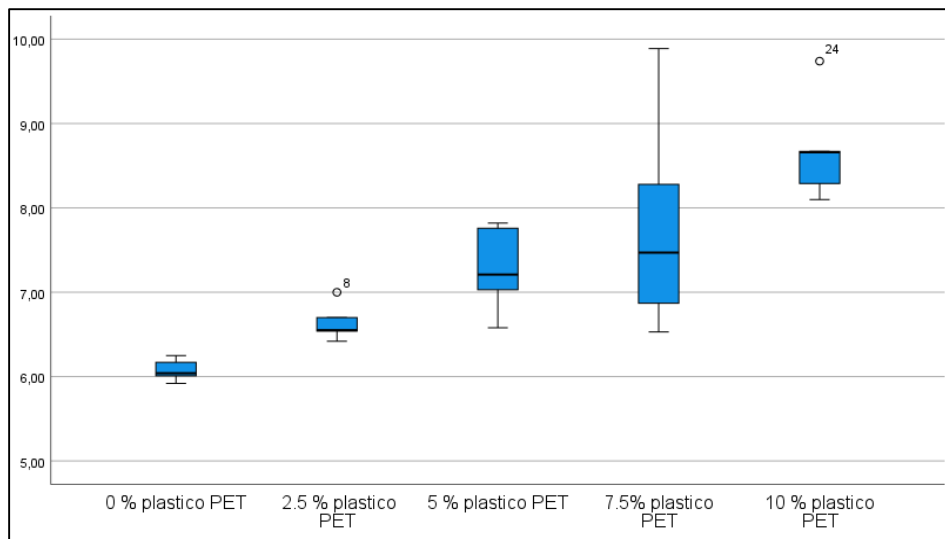
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
absorción	,154	25	,128	,910	25	,061

*a. Corrección de significación de Lilliefors*

4. Según la tabla 4.13 y figura 4.5, muestra las estadísticas descriptivas de la absorción en la unidad de albañilería resultando para la dosificación de 0% de plástico PET una media de 6.078, mínimo de 5.92, máximo de 6.25 y una desviación estándar de 0.13. Para la dosificación de 2.5% de plástico PET de 6.64 de media, en la dosificación de 5% de plástico PET resulto la media de 7.28 para la dosificación de 7,5% de plástico PET resulto una media de 7.81 y finalmente para el 10% de plástico PET 8.69 de media. Entonces las medias en las diferentes dosificaciones de plástico PET son diferentes.

**Figura 4.5**

*Absorción de unidades de albañilería con Incorporación de Plástico PET*



**Tabla 4. 13**

*Absorción de Unidad de Albañilería con Incorporación de Plástico PET*

% PET	Min	máx.	Media	Des. estándar
M - 0%	5,92	6,25	6,0780	0,13
M - 2.5%	6,42	7,00	6,6420	0,22
M - 5%	6,58	7,82	7,2800	0,52
M - 7.5%	6,53	9,89	7,8080	1,34
M - 10%	8,10	9,74	8,6920	,64

5. De acuerdo al ancho de la unidad de albañilería se muestra el p-valor (significancia) =0.061 es mayor a 0.05 (nivel de significancia), por lo cual los datos provienen de una distribución normal lo que permite contrastar con la hipótesis de investigación con una prueba paramétrica; prueba de ANOVA (ver tabla 4.14).

**Tabla 4. 14***ANOVA Absorción de Unidades de Albañilería con Porcentajes de Plástico PET*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	20,612	4	5,153	10,159	,000
Dentro de grupos	10,145	20	,507		
Total	30,757	24			

6. De los resultados obtenidos se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa, es decir que si existe diferencia en la absorción por incorporación de plástico PET en la unidad de albañilería entonces la incorporación de plástico PET influye en la absorción de la unidad de albañilería para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.

#### **4.2.4. Prueba de densidad en unidades de albañilería con plástico PET**

1. Planteamiento de la hipótesis nula y alternativa
  - $H_0$ : No existe diferencia en la densidad por incorporación de plástico PET en la unidad de albañilería.
  - $H_a$ : Existe diferencia en la densidad por incorporación de plástico PET en la unidad de albañilería.
2. Nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .
3. Realizamos la prueba de normalidad para una muestra menor a 30 datos, utilizamos la prueba de Shapiro Wilk (ver tabla 4.15), la cual cumple con la normalidad para ambos casos dado que  $p > 0.05$ .

**Tabla 4. 15**

*Prueba de Normalidad de la Densidad*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Absorción</b>	,106	25	,200*	,950	25	,247

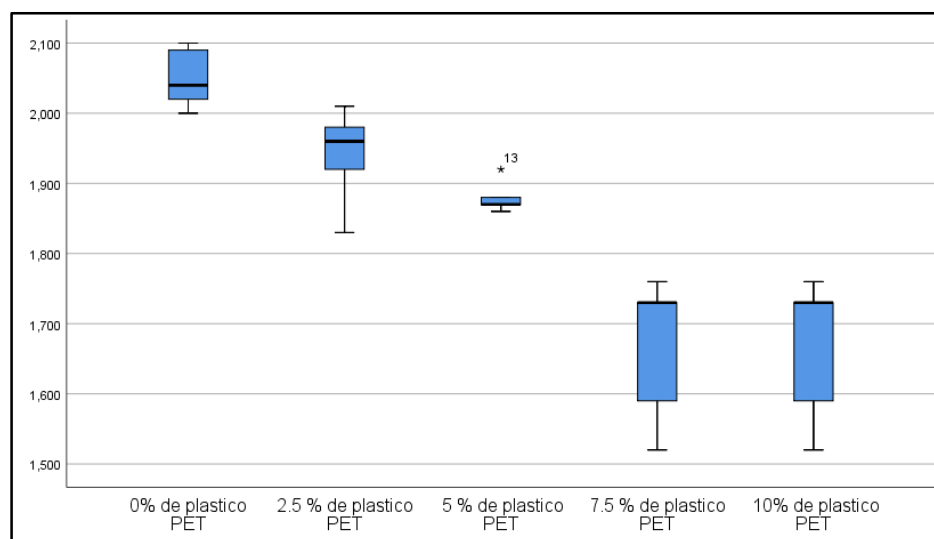
\*. *Esto es un límite inferior de la significación verdadera.*

*a. Corrección de significación de Lilliefors*

4. Según la tabla 4.16 y figura 4.6, muestra la estadística descriptiva de la densidad en la unidad de albañilería resultando para la dosificación de 0% de plástico PET una media de 2.05, mínimo de 2, máximo de 2.10 y una desviación estándar de 0.044. Para la dosificación de 2.5% de plástico PET de 1.94 de media, en la dosificación de 5% de plástico PET resulto la media de 1.88 para la dosificación de 7,5% de plástico PET resulto una media de 1.666 y finalmente para el 10% de plástico PET 1.666 de media. Entonces las medias en las diferentes dosificaciones de plástico PET son diferentes

**Figura 4.6**

*Densidad de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET*



**Tabla 4. 16***Densidad de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET*

<b>% de PET</b>	<b>Min</b>	<b>máx.</b>	<b>Media</b>	<b>Des. estándar</b>
<b>M - 0%</b>	2,00	2,10	2,08	,044
<b>M - 2.5%</b>	1,83	2,01	1,96	,069
<b>M - 5%</b>	1,86	1,92	1,88	,024
<b>M - 7.5%</b>	1,52	1,76	1,74	,105
<b>M - 10%</b>	1,52	1,76	1,57	,105

5. De acuerdo al p-valor (sig) =0.247 >0.05 (nivel de significancia), lo cual los datos provienen de una distribución normal lo que permite contrastar con la hipótesis de investigación con una prueba paramétrica; prueba de ANOVA (ver tabla 4.17) porque la variable dependiente es de tipo cuantitativo (densidad gr./cm<sup>3</sup>) y la variable independiente de tipo cualitativo (5 factores: 0% PET, 2.5% PET, 5% PET, 7.5% PET, 10% PET).

**Tabla 4.17***ANOVA de Densidad con Incorporación de Plástico PET*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	,581	4	,145	24,747	,000
Dentro de grupos	,117	20	,006		
Total	,699	24			

6. De los resultados obtenidos vemos que se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa, esto quiere decir que si existe diferencia en la densidad al incorporar plástico PET para la fabricación de unidades de albañilería entonces la incorporación del plástico PET influye en la densidad de la unidad de albañilería para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.

### 4.3. Propiedades Mecánicas de la unidad de albañilería

#### 4.3.1. Resistencia a la compresión en unidades de albañilería con plástico PET

1. Planteamiento de la hipótesis nula y alternativa
  - $H_0$ : No existe diferencia en la resistencia por incorporación de plástico PET en la unidad de albañilería (La incorporación del plástico PET no influye en la resistencia de la unidad de albañilería)
  - $H_a$ : Existe diferencia en la resistencia por incorporación de plástico PET en la unidad de albañilería (La incorporación del plástico PET influye en la resistencia la unidad de albañilería)
2. Nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .
3. Se realiza la prueba de normalidad para una muestra de 30 datos, la cual se hará el uso de la prueba de Shapiro Wilk (ver tabla 4.18), vemos que la normalidad cumple para ambos casos dado que  $p > 0.05$ .

**Tabla 4.18**

*Normalidad de la Resistencia*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
resistencia	,108	25	,200*	,973	25	,726

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

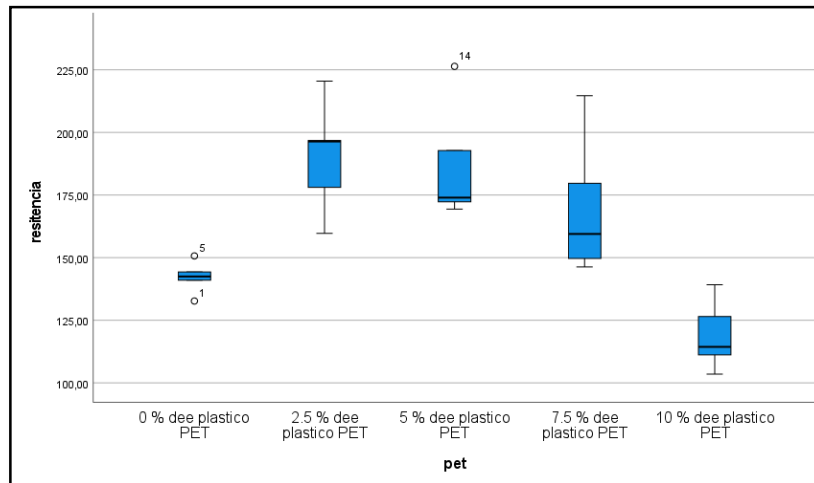
a. Corrección de significación de Lilliefors

4. Según la tabla 4.19 y figura 4.7, muestra las estadísticas descriptivas de la resistencia en la unidad de albañilería resultando para la dosificación de 0% de plástico PET una media de 142.24, mínimo de 132.7, máximo de 150,7 y una desviación estándar de 6.49. Para la dosificación de 2.5% de plástico PET de 190.3 de media, en la dosificación de 5% de plástico PET resulto la media de 186.98, para la dosificación de

7,5% de plástico PET resulto una media de 169.98 y finalmente para el 10% de plástico PET 118.96 de media. Entonces las medias en las diferentes dosificaciones de plástico PET son diferentes.

**Figura 4.7**

*Resistencia de la Unidad de Albañilería con Incorporación de Plástico PET*



**Tabla 4. 19**

*Resistencia a la Compresión de Unidad de Albañilería con Plástico PET*

% PET	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
<b>M - 0%</b>	142,24	6,49	2,90	134,18	150,29	132,70	150,70
<b>M- 2.5%</b>	190,30	22,79	10,19	162,09	218,59	159,70	220,50
<b>M - 5%</b>	186,98	23,88	10,68	157,33	216,63	169,40	226,40
<b>M- 7.5%</b>	169,98	28,18	12,60	134,99	204,97	146,30	214,70
<b>M - 10%</b>	118,96	14,03	6,27	101,55	136,37	103,50	139,20
<b>Total</b>	161,69	33,63	6,73	147,81	175,57	103,50	226,40

5. De acuerdo al p-valor (sig) =0.726 >0.05 (nivel de significancia), los datos provienen de una distribución normal lo que permite contrastar con la hipótesis de investigación

con una prueba paramétrica; prueba de ANOVA (ver tabla 4.20) porque la variable dependiente es de tipo cuantitativo (resistencia kg. /cm<sup>2</sup>) y la variable independiente de tipo cualitativo (5 factores: 0% PET, 2.5% PET, 5% PET, 7.5% PET, 10% PET).

**Tabla 4.20**

*ANOVA de la resistencia de la unidad de albañilería*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	57007,557	4	14251,889	20,501	,000
Dentro de grupos	66043,193	95	695,192		
Total	123050,750	99			

6. Según los resultados obtenidos nos indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir si existe diferencia en la resistencia por incorporación de plástico PET en la unidad de albañilería entonces la incorporación del plástico PET influye en la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.

#### **4.3.1.1. Resistencia a la compresión en pilas de albañilería**

1. Planteamiento de hipótesis nula y alternativa
  - H<sub>0</sub>: La media de la resistencia al 0% y 7.5% de plástico PET son iguales
  - H<sub>a</sub>: La media de la resistencia al 0% y 7.5% de plástico PET son diferentes.
2. Nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$  (nivel de confianza del 95 %).
3. Se realiza la prueba de normalidad, tenemos una muestra menor a 30 datos la cual utilizaremos la prueba de Shapiro Wilk (ver tabla 4.21), como  $p > 0.05$  vemos que cumple con la normalidad para ambos casos.

**Tabla 4.21**

*Prueba de Normalidad para la Resistencia*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
resistencia	,98	25	,200*	,973	25	,324

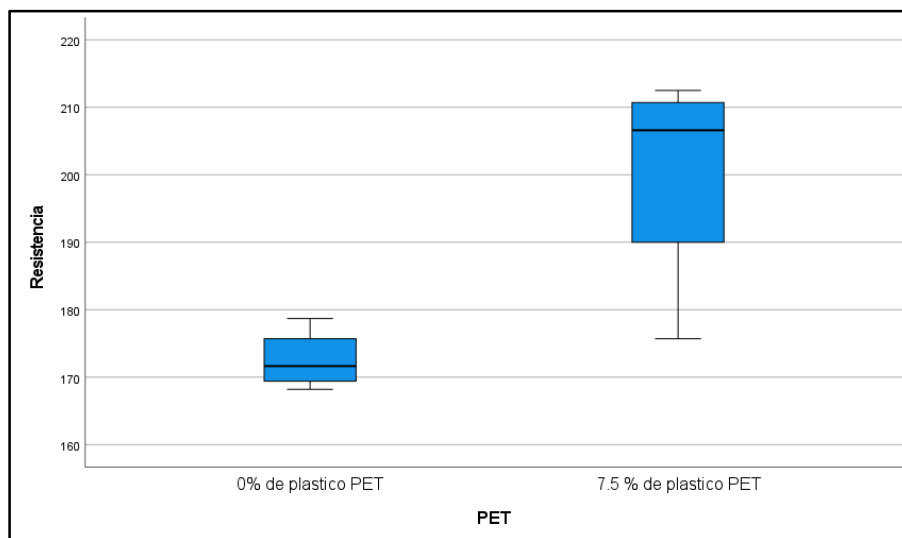
\*. *Esto es un límite inferior de la significación verdadera.*

*a. Corrección de significación de Lilliefors*

4. Según la tabla 4.22 y figura 4.8, muestra las estadísticas descriptivas la resistencia de las pilas de albañilería para la dosificación de 0% de plástico PET donde la media fue de 172,55 kg. /cm<sup>2</sup> y para la dosificación 7.5% de plástico PET una media de 200.35 kg. /cm<sup>2</sup>. Entonces las dos medias son diferentes.

**Figura 4.8**

*Media de la resistencia a compresión de pilas de albañilería*



**Tabla 4. 22***Resistencia en Pilas de Albañilería con Plástico PET y sin Plástico PET*

	%PET	Media	Máximo	mínimo	Desviación estándar
<b>Resistencia</b>	<b>M - 0%</b>	172,55	179	168	4,493
	<b>M - 7.5%</b>	200,35	213	176	14,554

5. El p-valor (sig) =0.324 >0.05 (nivel de significancia), los datos provienen de una distribución normal por ende podremos contrastar con la hipótesis de investigación con la prueba paramétrica de ANOVA (ver tabla 4.23).

**Tabla 4. 23***ANOVA de la resistencia a compresión de pilas de albañilería*

<b>Prueba de muestras independientes</b>						
		Prueba de Levene		prueba t para la igualdad de medias		
		de igualdad de varianzas				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Resistencia	Se asumen varianzas iguales	5,29	,051	-3,640	8	,007
	No se asumen varianzas iguales			-4,376	6,317	,004

6. Según los resultados obtenidos ello nos indica que se rechaza la hipótesis nula por cual se acepta la hipótesis alternativa, es decir La media de la resistencia al 0% y 7.5% de plástico PET son diferentes de albañilería para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.

#### **4.3.2. Resistencia a compresión de Unidades de Albañilería patrón**

- Planteamiento de la hipótesis nula y alternativa
  - H<sub>0</sub>: No existe diferencia en la resistencia por la dosificación en la mezcla de la unidad de albañilería (La dosificación de la mezcla no influye en la resistencia de la unidad de albañilería)

- $H_a$ : Existe diferencia en la resistencia por la dosificación en la mezcla de la unidad de albañilería (La dosificación de la mezcla influye en la resistencia la unidad de albañilería)
2. Nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .
  3. Se realiza la prueba de normalidad, para una muestra menor a 30 datos con la para lo cual se utilizó la prueba de Shapiro Wilk (ver tabla 4.23), dado que el  $p > 0.05$  entonces cumple con la normalidad para ambos casos.

**Tabla 4.24**

*Prueba de Normalidad de la Resistencia a Compresión*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>resistencia</b>	,76	20	,105*	,773	20	,623

\* *Esto es un límite inferior de la significación verdadera.*

*a. Corrección de significación de Lilliefors*

4. Según la tabla 4.21 y figura 4.8, muestra las estadísticas descriptivas para la D - 1, la media fue de 143.08 kg/cm<sup>2</sup>, y una desviación estándar de 6.53. Para D - 2 también se ha realizado las estadísticas descriptivas resultando una media de 156,20 kg/cm<sup>2</sup> y una desviación estándar de 6,86. Finalmente, para la D - 3, resultó con una media de resistencia 135,92 kg. /cm<sup>2</sup> y una desviación estándar de 4,83. En conclusión, se tiene que la media para las dosificaciones 1, 2 y 3 son diferentes, como la dosificación 1 tiene la media de resistencia más cercana a 140 kg/cm<sup>2</sup>, la cual se tomó diseño de mezcla patrón y se utilizó para la incorporación del plástico PET.

**Tabla 4. 25**

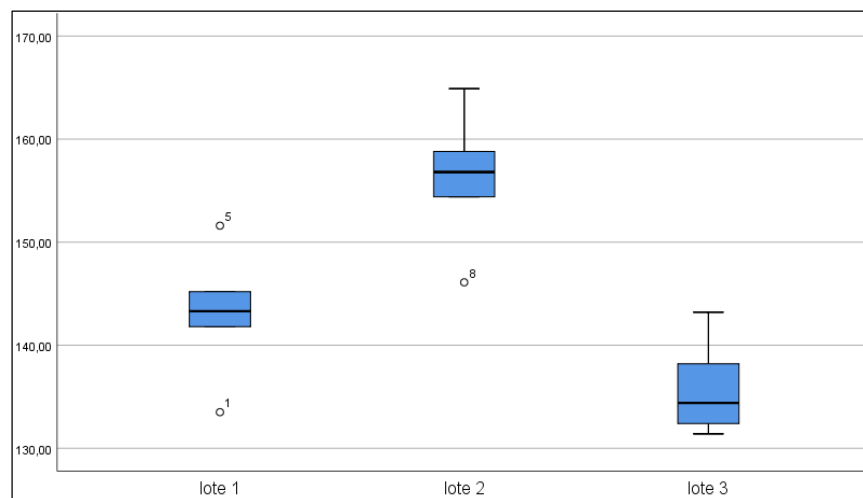
*Resistencia a la Compresión de Unidades de Albañilería Patrón por Dosificación para Edificaciones Sostenibles en la Ciudad de Ayacucho.*

Muestra	Min (kg/cm <sup>2</sup> )	máx. (kg/cm <sup>2</sup> )	Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Desv. Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
D-1	133,50	151,60	143,08	6,53
D-2	146,10	164,90	156,20	6,86
D-3	131,40	143,20	135,92	4,83

*Nota: donde D1 contiene: 1 cemento; 4.2 arena, 2.4; confitillo, 39 agua; el D2 contiene: 1 cemento; 4.18 arena, 2,39 confitillo, 38,95 agua; finalmente D3 contiene: 1 cemento; 4.5 arena, 2.4 confitillo, 39.5 agua.*

**Figura 4.9**

*Resistencia a compresión con diferentes dosificaciones para la unidad de albañilería patrón.*



5. La prueba de hipótesis se desarrollara mediante el test estadístico de Análisis de varianza (ANOVA) como la variable dependiente es de tipo cuantitativo (resistencia kg./cm<sup>2</sup>) y la variable independiente de tipo cualitativo (3 factores: dosificación 1, dosificación 2 y dosificación 3). Se muestra el p-valor (sig) =0.726 >0.05 (nivel de significancia)

**Tabla 4.26***ANOVA de la Resistencia a Compresión de Unidades de Albañilería Patrón*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig. p-valor</b>
Entre grupos	1057,797	2	528,899	14,044	,001
Dentro de grupos	451,936	12	37,661		
<b>Total</b>	<b>1509,733</b>	<b>14</b>			

6. Según los resultados nos indica que se rechaza la hipótesis nula por cual se acepta la hipótesis alternativa, es decir existe diferencia de la resistencia a compresión por la dosificación en la mezcla de la unidad de albañilería entonces la dosificación de la mezcla influye en la unidad de albañilería para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.

#### **4.4. Análisis e Interpretación**

##### *4.4.1. Análisis de resultados de los agregados*

##### **4.4.1.1. Resultados del ensayo granulométrico del agregado**

##### **a) Ensayo Granulométrico del Agregado Fino**

De la tabla 4.27 tenemos:

- El módulo de Fineza para el agregado fino es de 3.37 que está dentro de arena gruesa ya que está dentro del rango  $2.5 < MF < 3.5$ .
- El  $Cu = 7.01$  esto quiere decir que tiene una buena gradación debido a que el  $Cu > 5$
- El  $Cc = 1.03$  quiere decir que la arena tiene una buena gradación ya que las curvas granulométricas son casi planas o ligeramente cóncavas, y está dentro del rango entre 0.5 y 2.

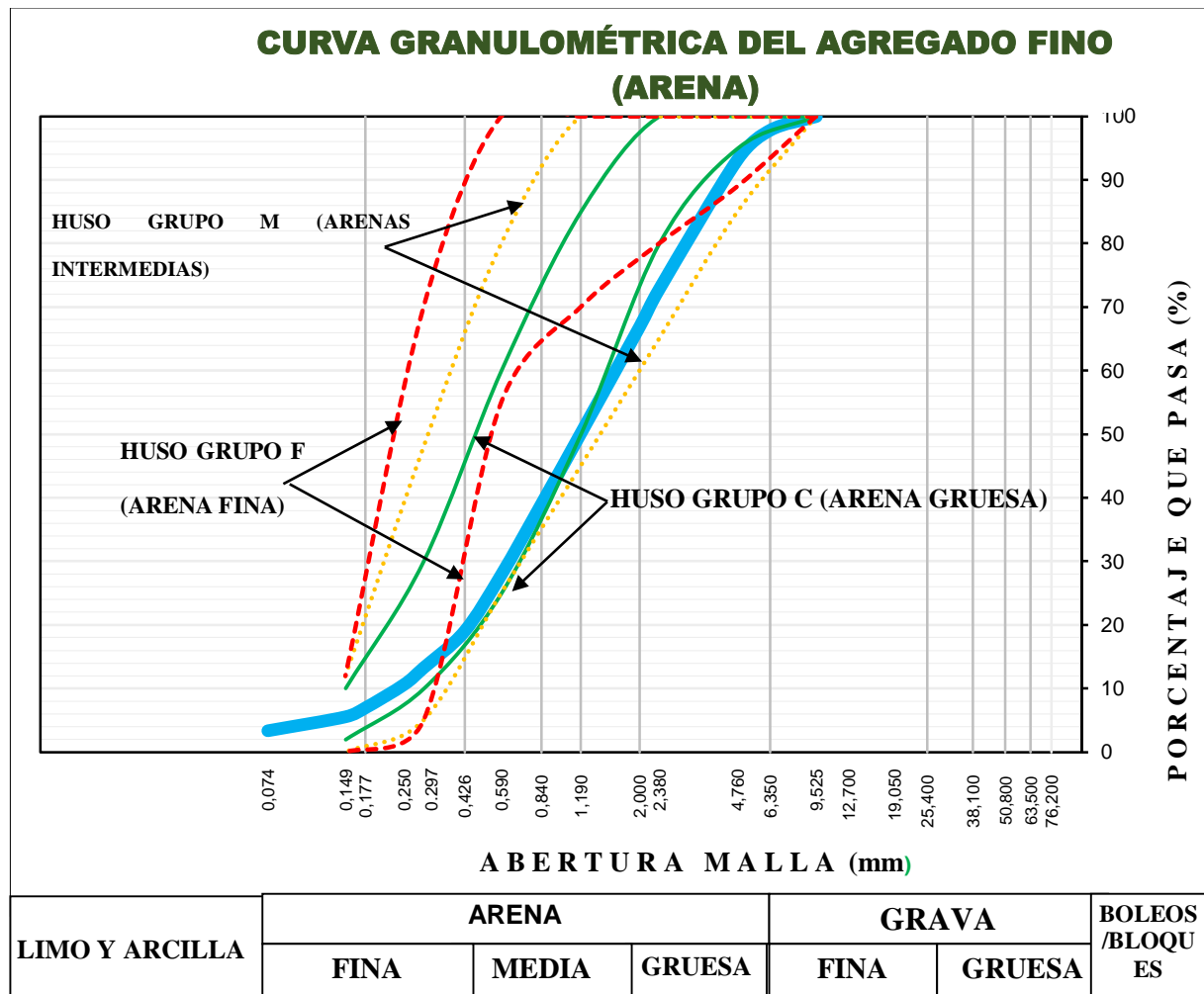
**Tabla 4.27**

*Ensayo Granulométrico del Agregado Fino*

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. LIM. TOTAL	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
3"	76.200		-	-	100.00		<b>PESOS (gr)</b>	
2 1/2"	63.500		-	-	100.00			
2"	50.800		-	-	100.00		Peso seco inicial	2468.0
1 1/2"	38.100		-	-	100.00		Peso seco lavado	2309.5
1"	25.400		-	-	100.00		Pérdida por lavado	82.7
3/4"	19.050		-	-	100.00		<b>ENSAYOS ESTÁNDAR</b>	
1/2"	12.700		-	-	100.00		% Grava	6.7
3/8"	9.525	-	-	-	100.00	100	% Arena	89.9
1/4"	6.350	<b>52.70</b>	2.14	2.14	97.86		% de Finos	3.4
N° 4	4.760	<b>113.00</b>	4.58	6.71	93.29	89 - 100	D <sub>10</sub> = D <sub>e(mm)</sub> =	0.2376
N° 8	2.380	<b>504.00</b>	20.42	27.14	72.86	65 - 100	D <sub>30</sub> =	0.6369
N° 10	2.000	<b>146.60</b>	5.94	33.08	66.92		D <sub>60(mm)</sub> =	1.6656
N° 16	1.190	<b>414.00</b>	16.77	49.85	50.15	45 - 100	Cu =	7.01
N° 20	0.840	<b>275.00</b>	11.14	60.99	39.01		Cc =	1.03
N° 30	0.590	<b>273.60</b>	11.09	72.08	27.92	25 - 100	D <sub>15(mm)</sub> =	0.3362
N° 40	0.426	<b>220.50</b>	8.93	81.01	18.99		D <sub>50(mm)</sub> =	1.1853
N° 50	0.297	<b>141.30</b>	5.73	86.74	13.26	5 - 70	D <sub>85(mm)</sub> =	3.7943
N° 60	0.250	<b>64.90</b>	2.63	89.37	10.63		Clasificación SUCS	<b>SW-SM</b>
N° 80	0.177	<b>91.50</b>	3.71	93.08	6.92		<b>ARENA BIEN GRADUADA CON LIMO</b>	
N° 100	0.149	<b>34.00</b>	1.38	94.45	5.55	0 - 12		
N° 200	0.075	<b>54.20</b>	2.20	96.65	3.35		Gravedad específica	2.53
Lavado		82.7	3.35	100.00	0.00		Módulo de Fineza	3.37
<b>TOTAL</b>		<b>2,468.00</b>	<b>100.00</b>				Superficie específica (cm <sup>2</sup> /gr)	53.2

**Figura 4.10**

Curva Granulométrica del Agregado Fino



**b) Ensayo Granulométrico del Agregado Grueso (Confitillo)**

De la tabla 4.28 tenemos:

- El módulo de Fineza para el agregado grueso es de 5.19.
- El  $C_u = 5.04$  esto quiere decir que tiene una buena graduación debido a que el  $C_u > 5$
- El  $C_c = 1.04$  quiere decir que el agregado tiene una buena graduación ya que las curvas granulométricas son casi planas o ligeramente cóncavas, y está dentro del rango entre 1 y 2.

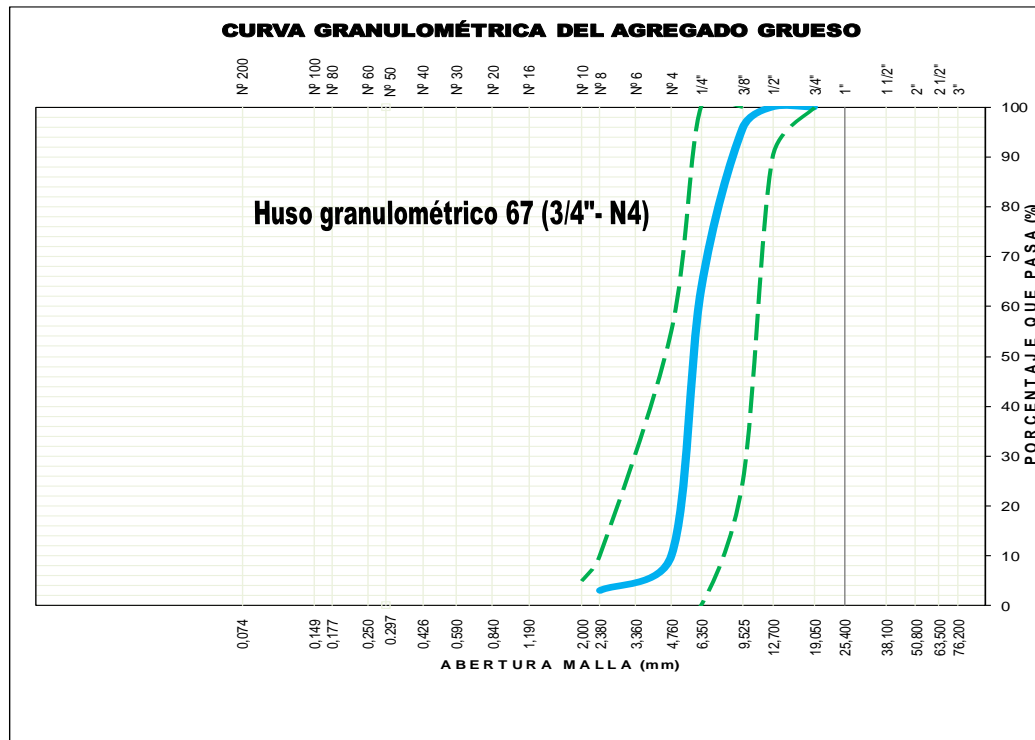
**Tabla 4.28**

*Granulometría del confitillo*

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO 67 (3/4"aN°4)			DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
3"	76.200				100.00				<b>PESOS (gr)</b>	
2 1/2"	63.500		-	-	100.00				Peso seco inicial	2800.5
2"	50.800		-	-	100.00	<b>100</b>	-	<b>100</b>	Peso seco lavado	2771.9
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	<b>90</b>	-	<b>100</b>	Pérdida por lavado	29.2
1"	25.400	-	-	-	100.00	<b>25</b>	-	<b>55</b>	<b>ENSAYOS ESTÁNDAR</b>	
3/4"	19.050	-	-	-	100.00	<b>0</b>	-	<b>10</b>	% Grava	55.7
1/2"	12.700		-	-	100.00				% Arena	43.5
3/8"	9.525	<b>118.70</b>	4.24	4.24	95.76	<b>0</b>	-	<b>5</b>	% de Finos	0.8
1/4"	6.350	<b>909.10</b>	32.46	36.70	63.30				D <sub>10</sub> = D <sub>e(mm)</sub> =	1.2062
N° 4	4.760	<b>531.40</b>	18.98	55.68	44.32				D <sub>30(mm)</sub> =	2.7538
N° 8	2.380	<b>475.90</b>	16.99	72.67	27.33				D <sub>60(mm)</sub> =	6.0735
N° 10	2.000	<b>252.40</b>	9.01	81.68	18.32				Cu =	5.04
N° 16	1.190	<b>237.70</b>	8.49	90.17	9.83				Cc =	1.04
N° 20	0.840	<b>182.30</b>	6.51	96.68	3.32				D <sub>15(mm)</sub> =	1.6833
N° 30	0.590	<b>43.40</b>	1.55	98.23	1.77				D <sub>50(mm)</sub> =	5.2356
N° 40	0.426	<b>18.20</b>	0.65	98.88	1.12				D <sub>85(mm)</sub> =	8.4725
N° 50	0.297	<b>4.10</b>	0.15	99.03	0.97				Clasificación SUCS	<b>GP</b>
N° 60	0.250	<b>1.40</b>	0.05	99.08	0.92				<b>GRAVA BIEN GRADUADA</b>	
N° 80	0.177	<b>1.70</b>	0.06	99.14	0.86				Tamaño Máximo (Pulg)"	1/2
N° 100	0.149	<b>0.80</b>	0.03	99.16	0.84				Tamaño Máximo Nominal (Pulg)"	3/8
N° 200	0.075	<b>1.60</b>	0.06	99.22	0.78				Gravedad específica	2.56
Lavado		21.8	0.78	100.00	-				Módulo de Fineza	5.19
<b>TOTAL</b>		<b>2800.5</b>	<b>100.0</b>						Superficie específica (cm <sup>2</sup> /gr)	12.70

**Figura 4.11**

*Curva Granulométrica del Agregado Grueso*



4.4.1.2. **Resultados Determinación del contenido de humedad**

**a. Contenido de humedad de agregado fino**

**Tabla 4.29**

*Contenido de Humedad del Agregado Fino*

IDENTIFICACIÓN		Agregado Fino	
A	Peso Húmedo de la muestra (gr)	2,509.90	2,501.80
B	Peso Seco de la muestra (gr)	2,468.00	2,469.60
C	Peso del agua en la muestra (gr)	41.90	32.20
D	% de absorción		<b>3.02</b>
	Contenido de Humedad (%)	1.70	1.30
	Contenido de Humedad (%)		<b>1.50</b>
	Absorción Efectiva (%)		<b>1.52</b>
	Humedad Superficial (%)		-

b. *Contenido de humedad de agregado Grueso*

**Tabla 4.30**

*Contenido de Humedad del Agregado Grueso*

IDENTIFICACIÓN		Agregado Grueso	
A	Peso Húmedo de la muestra (gr)	3,011.80	3,011.80
B	Peso Seco de la muestra (gr)	2,977.90	2,978.50
C	Peso del agua en la muestra (gr)	33.90	33.30
D	% de absorción		1.92
	Contenido de Humedad (%)	1.14	1.12
	Contenido de Humedad (%)		<b>1.13</b>
	Absorción Efectiva (%)		<b>0.79</b>
	Humedad Superficial (%)		-

El porcentaje de humedad de la arena es de 1.3% y del confitillo es de 1.12% de acuerdo a ello la humedad del agregado es relativamente moderada, por el cual aportará una mínima cantidad de agua en la mezcla.

4.4.1.3. **Resultados del Peso específico y absorción de los Agregados**

a. **Peso específico y absorción del agregado fino**

**Tabla 4. 31**

*Peso Específico y Absorción del Agregado Fino*

AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2000)				
IDENTIFICACIÓN	ENSAYO 1	ENSAYO 2	PROMEDIO	
A	Peso al aire de la muestra secada (gr)	145.90	145.80	
B	Peso del Picnómetro aforado lleno de agua (gr)	364.50	368.40	
C	Peso del Picnómetro con la muestra y agua (gr)	457.30	460.80	
D	Peso de la muestra en SSS (gr)	150.30	150.20	
	Peso Específico Aparente = $A/(B-C+S)$	2.54	2.52	<b>2.53</b>
	Peso Específico Aparente SSS = $S/(B-C+S)$	2.61	2.60	<b>2.61</b>
	Peso Específico Nominal = $A/(A-C+B)$	2.75	2.73	<b>2.74</b>
	% de Absorción = $((S - A)/A) \times 100$	3.02	3.02	<b>3.02</b>

**b. Peso específico y absorción del agregado grueso**

**Tabla 4.32**

*Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso*

IDENTIFICACIÓN		ENSAYO 1	ENSAYO 2	PROMEDIO
A	Peso en el aire de la muestra seca (gr)	982.9	980.6	
B	Peso en el aire de la muestra SSS (gr)	1,000.20	1,000.90	
C	Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	617.40	617.60	
	Peso Específico Aparente = A/(B-C)	2.57	2.56	2.56
	Peso Específico Aparente SSS = B/(B-C)	2.61	2.61	2.61
	Peso Específico Nominal = A/(A-C)	2.69	2.70	2.70
	% de Absorción = ((B - A)/A) x 100	1.76	2.07	1.92

4.4.1.4. **Resultados del peso unitario suelto y compactado de los Agregados**

**a. Peso unitario suelto seco y peso unitario compactado seco del agregado fino**

**Tabla 4.33**

*Peso Unitario Suelto Seco*

PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)				
N° DE ENSAYO		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
A	Peso Molde (gr)	2,276.0	2,276.0	2,276.0
B	Peso Agregado + Molde (gr)	6,876.0	6,881.0	6,885.0
C	Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4,600.0	4,605.0	4,609.0
D	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2,813.0	2,813.0	2,813.0
E	Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,635	1,637	1,638
PROMEDIO PUSS (Kg/m <sup>3</sup> )			1,637	

**Tabla 4.34**

*Peso Unitario Compactado Seco*

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO				
N° DE ENSAYO		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
A	Peso Molde (gr)	2,276.0	2,276.0	2,276.0
B	Peso Agregado + Molde (gr)	7,244.0	7,252.0	7,260.0
C	Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	4,968.0	4,976.0	4,984.0
D	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2,813.0	2,813.0	2,813.0
E	Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,766	1,769	1,772
PROMEDIO PUCS (Kg/m <sup>3</sup> )			1,769	

b. **Peso unitario suelto seco y peso unitario compactado seco del agregado fino**

**Tabla 4.35**

*Peso Unitario Suelto Seco*

<b>PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)</b>				
<b>N° DE ENSAYO</b>		<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Ensayo 3</b>
A	Peso Molde (gr)	5,411.0	5,411.0	5,411.0
B	Peso Agregado + Molde (gr)	<b>19,961.0</b>	<b>19,972.0</b>	<b>19,981.0</b>
C	Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	14,550.0	14,561.0	14,570.0
D	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	9,441.0	9,441.0	9,441.0
E	Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,541	1,542	1,543
<b>PROMEDIO PUSS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1,542</b>		

**Tabla 4.36**

*Peso Unitario Compactado Seco*

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO</b>				
<b>N° DE ENSAYO</b>		<b>Ensayo 1</b>	<b>Ensayo 2</b>	<b>Ensayo 3</b>
A	Peso Molde (gr)	5,411.0	5,411.0	5,411.0
B	Peso Agregado + Molde (gr)	<b>20,696.0</b>	<b>20,701.0</b>	<b>20,716.0</b>
C	Peso Agregado Suelto (gr) = (B)-(A)	15,285.0	15,290.0	15,305.0
D	Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	9,441.0	9,441.0	9,441.0
E	Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m <sup>3</sup> ) = (C)/(D)	1,619	1,620	1,621
<b>PROMEDIO PUCS (Kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1,620</b>		

**4.4.1.5. Resultados del peso unitario suelto y compactado de los Agregados**

a. **Resistencia a la Abrasión del agregado fino**

**Tabla 4.37**

*Resistencia a la Abrasión del Agregado Fino*

		<b>PESO (gr)</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>
<b>W<sub>0</sub></b>	<b>Peso inicial</b>		5000	5000
<b>W<sub>f</sub></b>	<b>peso final</b>		4029.7	4032.8
<b>W<sub>0</sub> - W<sub>f</sub></b>	<b>Diferencia de peso inicial – peso final</b>		857.4	874.2
<b>%A</b>	<b>Porcentaje de abrasión</b>		19.41	19.34
<b>%A<sub>PROM</sub></b>	<b>Promedio del porcentaje de abrasión</b>		19.38	

## b. Resistencia a la Abrasión del agregado Grueso

**Tabla 4.38**

*Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso (confitillo)*

	<b>PESO (gr)</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>
	<b>Peso inicial</b>	5000	5000
	<b>peso final</b>	4029.7	4032.8
	<b>Diferencia de peso inicial – peso final</b>	857.4	874.2
<b>%A</b>	<b>Porcentaje de abrasión</b>	19.41	19.34
<b>%A<sub>PROM</sub></b>	<b>Promedio del porcentaje de abrasión</b>	19.38	

El porcentaje de desgaste es de 17.32% de la arena, mientras que del confitillo es de 19.38% según la clasificación de gradación se encuentra en la gradación C, de los resultados obtenidos en laboratorio de los agregados se concluye que son buenos, tienen alta resistencia al desgaste, los agregados de la cantera Cachi, es adecuado para realizar el diseño de mezcla de unidades de albañilería debido a que el desgaste es menor al 50% según lo establecido por la norma ASTM C 131.

### 4.4.1.6. Resultados de las unidades de albañilería con incorporación de plástico PET.

#### a. Variación dimensional de unidades de albañilería con plástico PET

La medida ensayada según el diseño es: 21cm (largo), 11cm(ancho) y 8cm (altura) haciendo las comparaciones con los resultados tenemos que tener en cuenta lo siguiente:

Variación dimensional en largo  $L\% < 1\%$

Variación dimensional en ancho  $A\% < 2\%$

Variación dimensional en altura  $H\% < 3\%$

Lo cual se concluye que todas las unidades de albañilería con las diferentes dosificaciones según la variación dimensional pertenecen a unidades de albañilería Clase V.

**Tabla 4.39***Variación Dimensional de las Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET*

MUESTRA	VARIACIÓN DIMENSIONAL (cm)						CLASE
	LARGO	L%	ANCHO	A%	ALTURA	H%	
0% PET	211.41	0.67%	111.44	1.30%	80.36	0.45%	V
2.5% PET	211.37	0.65%	111.41	1.28%	80.31	0.38%	V
5% PET	211.32	0.63%	111.38	1.25%	80.28	0.35%	V
7.5% PET	211.28	0.61%	111.35	1.22%	80.24	0.30%	V
10% PET	211.24	0.59%	111.40	1.27%	80.21	0.26%	V

**b. Alabeo de unidades de albañilería con incorporación de plástico PET**

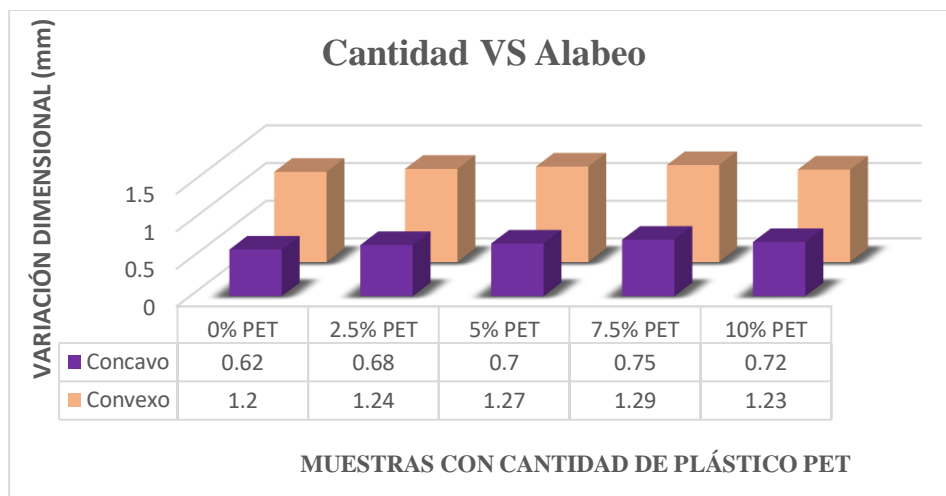
De los resultados del alabeo siendo estas cóncavo o convexo, estas indican un aumento o disminución del espesor de las juntas de mortero, lo que afecta la resistencia a la compresión y a la fuerza cortante de la unidad de albañilería, el alabeo debe ser menor que 2mm (alabeo < 2mm) por lo cual en los ensayos realizados resultaron todos menor a 2mm la cual se le considera con Clase V correspondientemente y en la construcción de la albañilería, los muros tendrán una junta uniforme (1 – 1.5 cm).

**Tabla 4.40***Alabeo de las Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET*

MUESTRA	ALABEO Promedio (mm)		ALABEO Máximo Promedio (mm)		CLASE
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	
	0% PET	0.25	0.17	0.62	
2.5% PET	0.23	0.18	0.68	1.24	V
5% PET	0.21	0.16	0.70	1.27	V
7.5% PET	0.20	0.15	0.75	1.29	V
10% PET	0.21	0.211	0.72	1.23	V

**Figura 4.12**

*Cantidad de PET Versus el Alabeo*

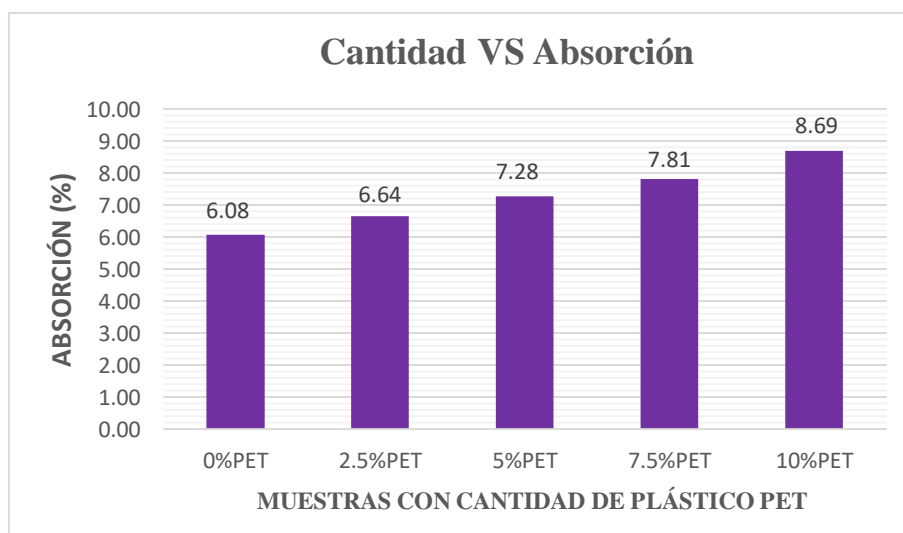


**c. Absorción de unidades de albañilería con incorporación de plástico PET**

De acuerdo a la norma E.070 (SENCICO, 2006), como criterio de aceptación nos indica que la unidad de albañilería debe ser menor al 22% de absorción; ya que si tiene una absorción mayor al 22% las unidades de albañilería son porosas y de baja resistencia; mediante los ensayos realizados tenemos que la absorción es menor al 22%.

**Figura 4.13**

*Cantidad Versus Absorción*



#### d. Resistencia a la compresión de unidades de albañilería con incorporación

La resistencia de las unidades de la albañilería nos muestra que si los valores son altos esto quiere decir que es de buena calidad para todos los fines estructurales, según la figura 4.14 podemos ver que para la dosificación de 2.5% PET aumenta la resistencia en 48.1, para la dosificación de 5% PET respecto de la cantidad aumenta la resistencia en 44.8, para la dosificación de 7.5% PET aumenta la resistencia en 27.8, mientras que para la dosificación de 10% PET esta disminuye en 23.2 respecto de la resistencia patrón.

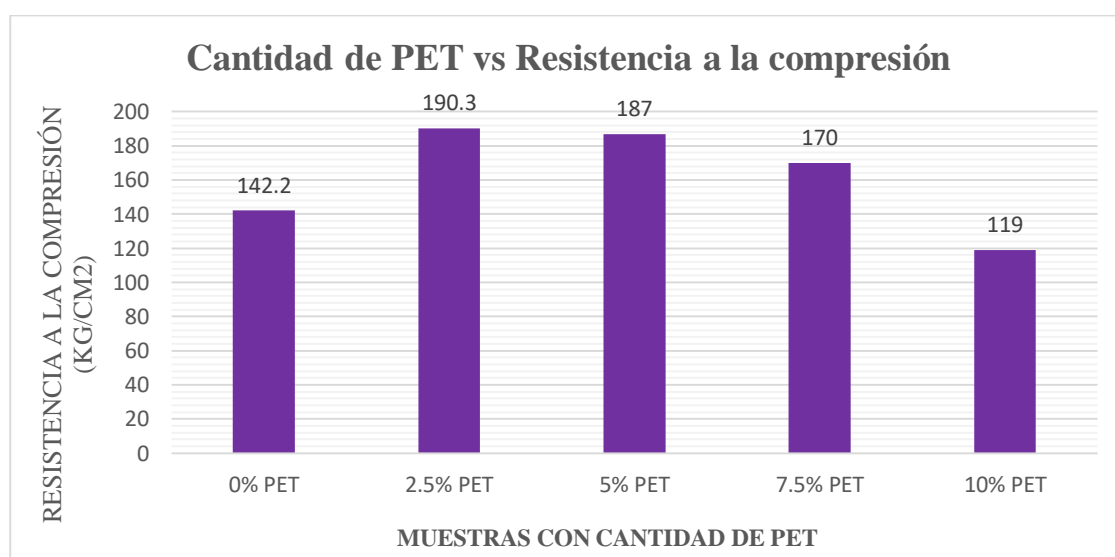
**Tabla 4.41**

*Resistencia a Compresión con Incorporación de Plástico PET en Diferentes Dosificaciones*

MUESTRA	Resistencia a compresión			
	fb	$\sigma$	f' b	CLASE
0% PET	148.7	6.5	142.2	IV
2.5% PET	213.1	22.8	190.3	V
5% PET	210.9	23.9	187.0	V
7.5% PET	198.2	28.2	170.0	IV
10% PET	133.0	14.0	119.0	III

**Figura 4.14**

*Resistencia de las Unidades de Albañilería*



**e. Densidad de unidades de albañilería con incorporación de plástico PET**

De acuerdo a los ensayos realizados vemos que existe una relación estrecha entre la densidad del ladrillo y sus demás propiedades, cuanto mayor sea la densidad mejora las propiedades de resistencia de la unidad de albañilería.

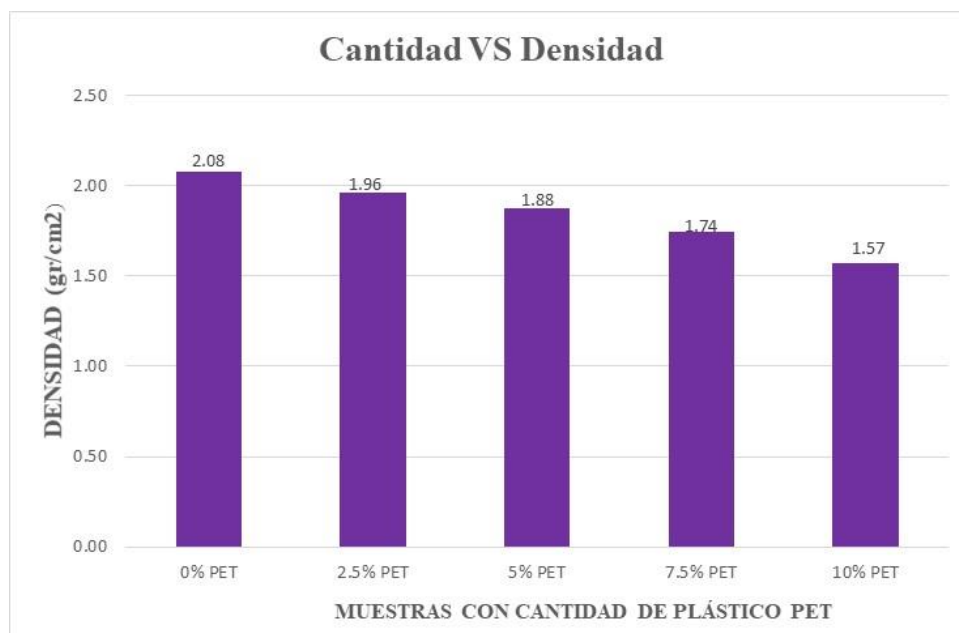
**Tabla 4.42**

*Densidad de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET*

MUESTRA	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )
0% PET	2.08
2.5% PET	1.96
5% PET	1.88
7.5% PET	1.74
10% PET	1.57

**Figura 4.15**

*Cantidad Versus Densidad*



**4.4.1.7. Resultados de las unidades de albañilería con incorporación de plástico PET en relación al tamaño.**

Según Paúcar (2019) realiza el ensayo en diferentes tamaños de PET llegando a la conclusión que el tamaño que aporta mejor resistencia a la compresión son aquellos que pasan por el tamiz #8 y son retenidos en el tamiz #10 siendo el diámetro de estas de 2mm, para ello realizamos el ensayo en las diferentes incorporaciones de PET teniendo como resultado que aumenta la resistencia, siendo el único caso del 10% de PET donde disminuye la resistencia a compresión.

**Tabla 4.43**

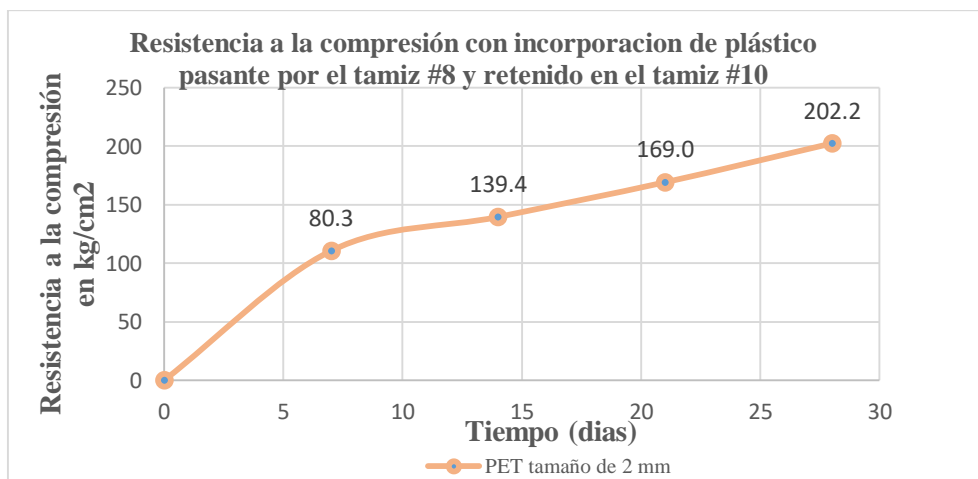
*Resistencia a compresión respecto al tamaño*

Muestra	Edad Días	Resistencia Promedio (Kgf/cm <sup>2</sup> )
M-1: PAS ¼" RET N <sup>0</sup> 4	28	385.31
M-2: PAS N <sup>0</sup> 4 RET N <sup>0</sup> 6	28	412.83
M-3: PAS N <sup>0</sup> 6 RET N <sup>0</sup> 8	28	486.41
M-4: PAS N <sup>0</sup> 8 RET N <sup>0</sup> 10	28	534.69
M-5: PAS N <sup>0</sup> 10 RET N <sup>0</sup> 16	28	529.97
M-6: Patrón	28	511.67

*Fuente: (Paúcar, 2019)*

**Figura 4.16**

*Resistencia de Unidades de Albañilería con Plástico PET en Relación al Tamaño del Plástico PET*

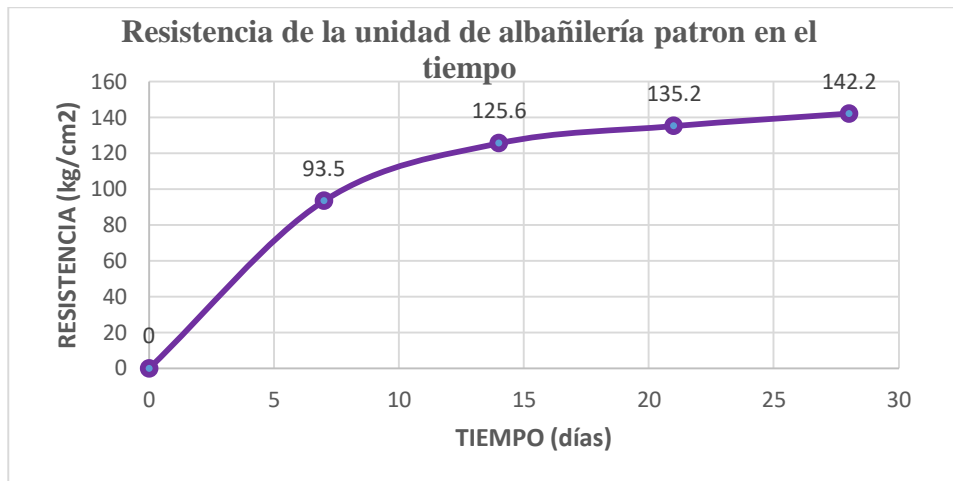


#### 4.4.1.8. Ensayo de resistencia con PET en diferentes cantidades

##### ❖ Resistencia de la Unidad de albañilería patrón

**Figura 4.17**

*Resistencia de Unidades de Albañilería Sin Plástico PET*

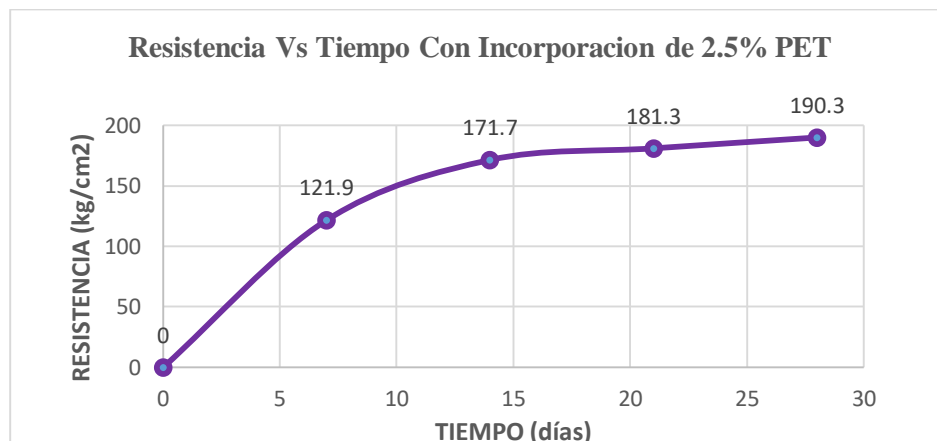


##### ❖ Resistencia de Unidades de albañilería con inclusión de 2.5% de plástico PET

En la figura 4.18 representa el comportamiento de la resistencia con respecto al tiempo de las unidades de albañilería con inclusión de 2.5% de PET respecto a la unidad de albañilería patrón, demostrando que la resistencia aumenta con el tiempo.

**Figura 4.18**

*Resistencia de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET al 2.5%.*

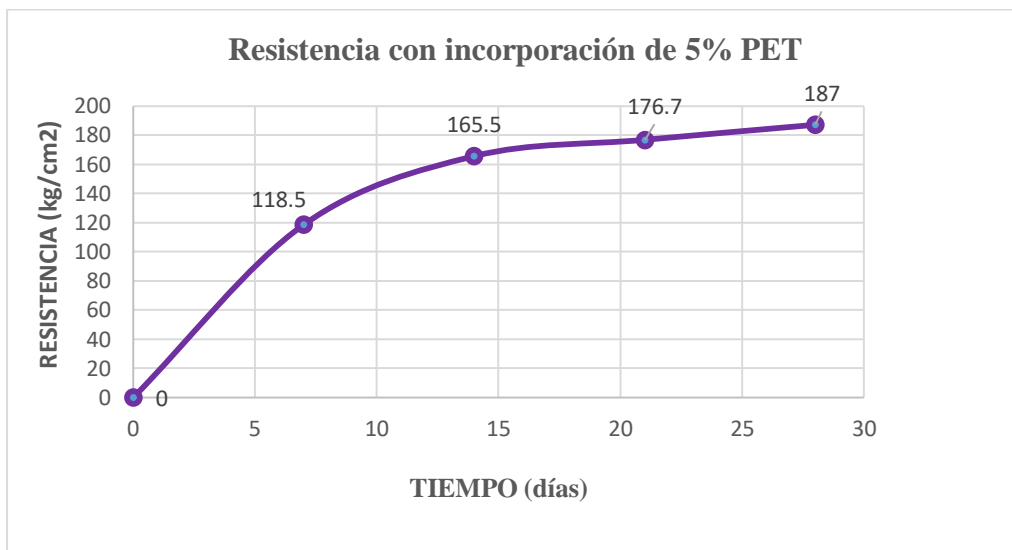


❖ **Resistencia de la Unidad de albañilería con 5% de plástico PET**

En la figura 4.19 vemos el comportamiento de la resistencia en el tiempo de las unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET respecto a la unidad de albañilería patrón en la que se ve que la resistencia aumenta de acuerdo pasa el tiempo.

**Figura 4.19**

*Resistencia de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET al 5%.*

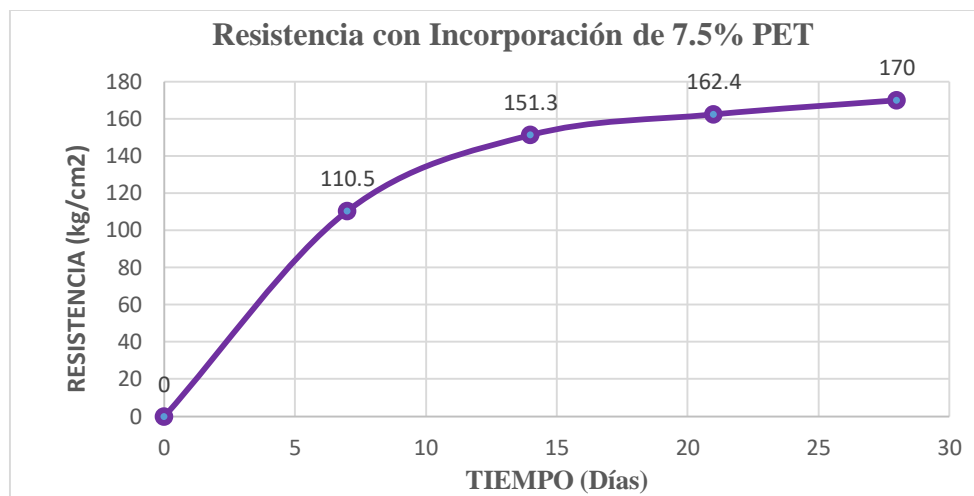


❖ **Resistencia de la Unidad de albañilería con 7.5% de plástico PET**

En la figura 4.20 vemos la relación del comportamiento de la resistencia en el tiempo de las unidades de albañilería con incorporación de 7.5% de PET respecto a la unidad de albañilería patrón, la resistencia aumenta de acuerdo pasa el tiempo.

**Figura 4.20**

*Resistencia de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET al 7.5%.*

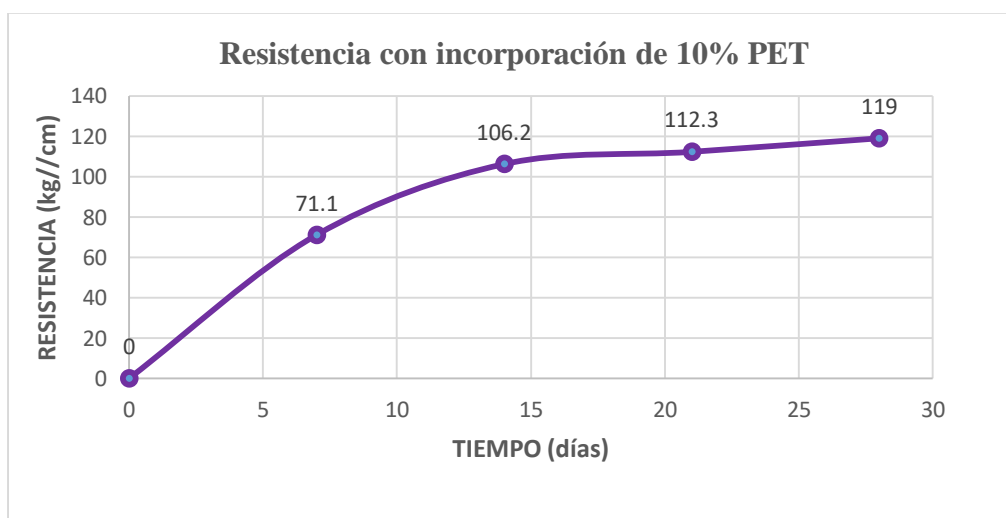


❖ **Resistencia de la Unidad de albañilería con 10% de plástico PET**

En la figura 4.21 vemos el comportamiento de la resistencia en el tiempo de las unidades de albañilería con incorporación de 10% de PET respecto a la unidad de albañilería patrón en la que se ve que la resistencia disminuye de acuerdo pasa el tiempo.

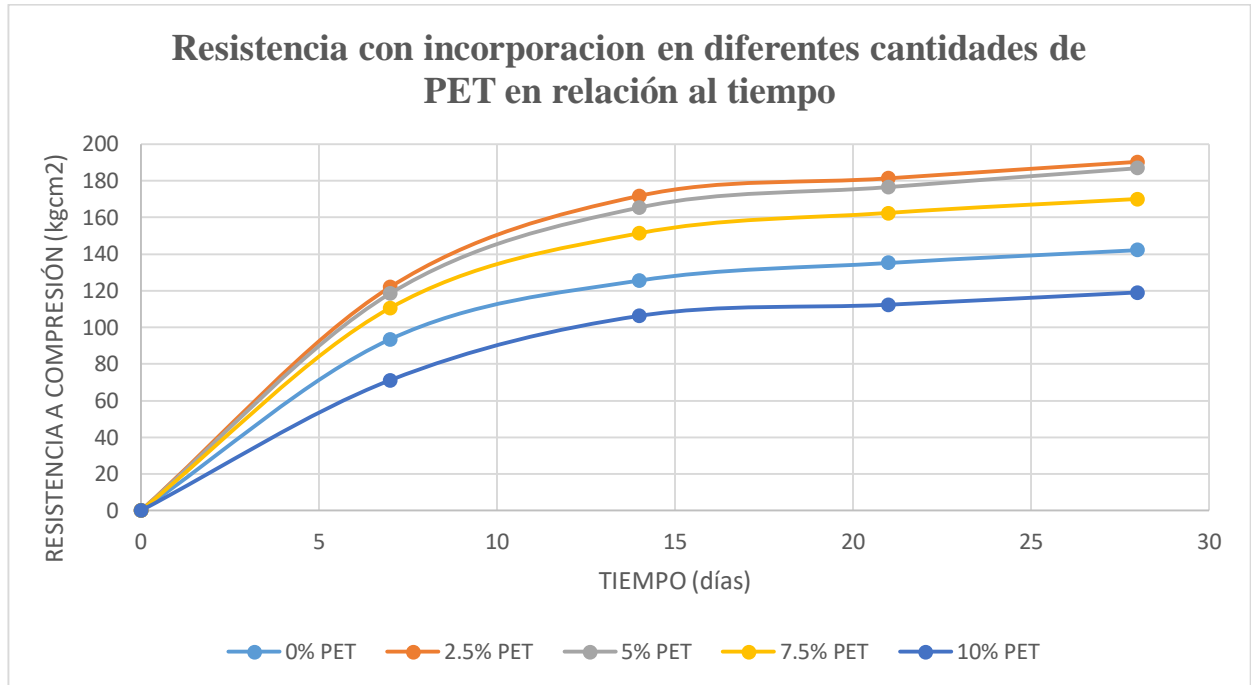
**Figura 4.21**

*Resistencia de Unidades de Albañilería con Incorporación de Plástico PET al 10%.*



**Figura 4.22**

*Resistencia de Unidades de Albañilería con Incorporación de Diferentes Dosificaciones de Plástico PET.*



De acuerdo a los resultados obtenidos se valida la hipótesis ya que la granulometría del plástico PET influye significativamente en la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería respecto al tiempo

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio, la incorporación de plástico PET reciclado en el diseño de mezcla para la fabricación de unidades de albañilería fue mediante las diferentes pruebas realizadas a las muestras, de esta manera se pudo verificar la influencia significativa que tiene respecto a las propiedades físicas (variación dimensional, alabeo, absorción, densidad) y propiedades mecánicas (resistencia) de la unidad de albañilería que serán utilizados para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.
2. La granulometría (tamaño de plástico PET) utilizado en la fabricación de unidades de albañilería, fue de 2mm, este tamaño se utilizó debido a que en los ensayos de rotura de la unidad realizados aumenta la resistencia a compresión respecto a la unidad de albañilería sin incorporación de plástico PET, pero en tamaños mayores a 2mm esta difiere haciendo que la resistencia a compresión disminuya; por lo tanto es importante el tamaño del plástico PET para ver la influencia que tiene con respecto a la resistencia de la unidad de albañilería.
3. Los resultados que se obtuvieron en los ensayos realizados a la dosificación de plástico PET en diferentes proporciones es que la resistencia a compresión aumenta en 2.5%, 5% y 7.5% PET mientras que al 10% de PET la resistencia a compresión disminuye.
4. El ensayo de resistencia a compresión nos permitió saber el porcentaje máximo de plástico PET que se debe utilizar para obtener unidades de albañilería clase IV mediante las diferentes concentraciones de plástico PET, el que mejor influye es aquel que tiene una concentración de 7.5% de PET la cual es la cantidad máxima que se utilizará respecto a la unidad de albañilería sin plástico PET.



## **RECOMENDACIONES**

- Se debe realizar bien los ensayos de las propiedades físico – mecánicas de la materia prima a utilizar, el diseño de mezcla, de este modo se podrá tener los resultados esperados.
- La incorporación de plástico PET para la fabricación de unidades de albañilería es recomendable ya que con el 7.5% de PET alcanza una resistencia de 170 Kg/ cm<sup>2</sup> según los ensayos realizados la cual cumplen con la Norma y esta se clasifica como unidades de albañilería clase IV las cuales se pueden utilizar para muros confinados, portantes de hasta dos pisos.
- Es recomendable el uso del plástico PET para la fabricación de unidades de albañilería ya que para la fabricación de una unidad de albañilería con incorporación de 7.5% de plástico PET se estaría utilizando aproximadamente 14 botellas de bebidas de gaseosa de 600 ml, ayudando a prevenir el cuidado del medio ambiente y mitigar con la contaminación ambiental.

## **FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN**

- Se debe realizar el ensayo de muretes para obtener la resistencia a flexión.
- En la misma línea de investigación se recomienda que en futuras investigaciones realicen el modelamiento de una vivienda en escala real.
- Realizar la dosificación en diferentes proporciones de plástico PET para unidades de albañilería hechos con otros materiales.



## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Angumba Aguilar, P. J. (2016). *Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para manpostería no portante.*[Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25297/1/tesis.pdf>
- Bolaños Zea, J. J. (2019). *Reciclado de plástico PET.* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/16146>
- Cáceres Teran, J. (1996). *Desenvolupament Sostenible.* (Revista Tracte, Número 66, Octubre del 1996. ISSN 1132-7081) .
- Cárdenas Chauca, R. E. (2011). *Plast –Block Bloque Ecológico.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú]. Repositorio Institucional.
- Casado Martinez, N. (1996). *Edificios de Alta Calidad Ambiental.* Ibérica, Alta Tecnología, ISSN0211-0776.
- Echeverría Garro, E. R. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado.*[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1501>
- Gallegos , H., & Casabonne, c. (2005). *Albañilería Estructural* . 3ra.Ed. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Gonzales Armas, R. K. (2016). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto con la incorporación de PET en diferentes porcentajes.* [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Nort, Lima, Perú]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/11240>
- Harmsen, T. E. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado.* Lima, Perú: Fondo editorial PUCP.

- Hernández sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Sexta edición por McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- INACAL. (2015). *NTP 399.601, Unidades de Albañilería (Requisitos de Ladrillos de Concreto)*. Lima, Perú.
- INDECOPI. (2005). *Norma Técnica Peruana: 399.613. {Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, Lima, Perú}*.
- Kibert, C. (1994 et al.). *CIB-TG16, First International Conference on Sustainable Construction, Florida*.
- Lanting, R. (1996). *Sustainable Construction in The Netherlands -A perspective to the year 2010 (Working paper for CIB W82 Future Studies in Construction. TNO Bouw Publication number 96-BKR-)*.
- Lecca Díaz, G. K., & Prado Canahuire, L. A. (2019). *Propuesta de criterios de sostenibilidad para edificios multifamiliares a nivel de certificación EDGE y sus beneficios en su vida útil (obra, operación y mantenimiento) frente a una edificación tradicional. Caso: edificio en el distrito de Santa Anita - L*. Repositorio académico UPC. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/625743>
- Martínez Amariz, A. D., & Cote Jiménez, M. L. (2014). *Diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando Materiales a Base de PET. Vol.10, no. 2, pp. 76–80, 2014*.
- Molina Restrepo, S. A., Vizcaino Cagüeno, A. M., & Ramírez Santamaría , F. D. (2007). *Estudio de las características físico mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado en el municipio de Acacías Meta. [Tesis de Pregrado, Universidad La Salle, Bogotá]*. Repositorio Institucional. Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/284](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/284)
- Pasquel Carbaal, E. (1995). *Temas de Tecnología del Concreto en el Perú*.

- Pasquel Carbajal, E. (1995). *Fundamentos del concreto y los materiales para su elaboración. {Capítulo peruano del American Concrete Institute (ACI)}*. Lima, Perú: 3ra edición, 30p.
- Paúcar Coronado, C. A. (2019). *Mejoramiento de adoquines con fibras de plástico (pet) reciclado aplicado al tránsito pesado en la ciudad de Ayacucho. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]*. Repositorio Institucional.
- Paz Gonzales, E. E. (2014). *Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2921>
- Reyna Pari, C. A. (2016). *Reutilización de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Trujillo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3158>
- Rivva Lopez, E. (2005). *Diseño de Mezclas*. Instituto de la Construcción y Gerencia, 2da Edición.
- Rubio Hurtado, M. J., & Berlanga Silvente, V. (2011). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació, Vol. 5, núm. 2, 83-100*.
- San Bartolomé Ramos, Á. (1994). *Construcciones de Albañilería - comportamiento Sísmico y Diseño Estructural*. Fondo Editorial PUCP.
- SENCICO. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE*.
- Zavala Osorio, A. I. (2019). *Prueba de Normalidad en SPSS*.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Resultados de las unidades de albañilería

#### a. Alabeo de las unidades de albañilería con diferentes dosificaciones de Plástico PET

**Tabla A. 1**

*Alabeo de Las Unidades de Albañilería con Diferentes Cantidades de PET*

MUESTRA	CARA A		CARA B		PROMEDIO POR LADRILLO		ALABEO Promedio (mm)		ALABEO Máximo Promedio (mm)	
	CONCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CONCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CONCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
M-1: 0%	0.08	0.00	0.13	0.00	0.11	0.00	0.11	0.03	0.18	0.30
M-2: 0%	0.13	0.00	0.11	0.30	0.12	0.15				
M-3: 0%	0.07	0.00	0.10	0.00	0.09	0.00				
M-4: 0%	0.06	0.00	0.09	0.00	0.08	0.00				
M-5: 0%	0.18	0.00	0.10	0.00	0.14	0.00				
M-1: 2.5%	0.03	0.00	0.24	0.00	0.14	0.00	0.14	0.04	0.26	0.36
M-2: 2.5%	0.22	0.00	0.09	0.00	0.16	0.00				
M-3: 2.5%	0.26	0.36	0.09	0.00	0.18	0.18				
M-4: 2.5%	0.14	0.00	0.09	0.00	0.12	0.00				
M-5: 2.5%	0.09	0.00	0.17	0.00	0.13	0.00				
M-1: 5%	0.24	0.00	0.15	0.00	0.20	0.00	0.23	0.05	0.51	0.42
M-2: 5%	0.44	0.00	0.02	0.00	0.23	0.00				
M-3: 5%	0.51	0.42	0.10	0.10	0.31	0.26				
M-4: 5%	0.23	0.00	0.18	0.00	0.21	0.00				
M-5: 5%	0.24	0.00	0.16	0.00	0.20	0.00				
M-1: 7.5%	0.53	0.00	0.25	0.34	0.39	0.17	0.29	0.09	0.75	0.59
M-2: 7.5%	0.75	0.00	0.05	0.00	0.40	0.00				
M-3: 7.5%	0.42	0.59	0.06	0.00	0.24	0.30				
M-4: 7.5%	0.19	0.00	0.24	0.00	0.22	0.00				
M-5: 7.5%	0.31	0.00	0.08	0.00	0.20	0.00				
M-1: 10%	0.46	0.00	0.18	0.00	0.32	0.00	0.33	0.16	0.54	0.65
M-2: 10%	0.11	0.00	0.49	0.00	0.30	0.00				
M-3: 10%	0.54	0.65	0.26	0.15	0.40	0.40				
M-4: 10%	0.13	0.00	0.49	0.00	0.31	0.00				
M-5: 10%	0.45	0.55	0.15	0.21	0.30	0.38				

**b. Variación dimensional de las unidades de albañilería con diferentes dosificaciones de Plástico PET**

**Tabla A. 2**

*Variación Dimensional con 0% PET*

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON 0% DE PLÁSTICO PET																
Ensayo: VARIACIÓN DIMENSIONAL					Precisión: 1mm					Instrumento : Pie de Rey						
Espécimen N°	Largo(mm)					Ancho(mm)					Altura(mm)					
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp	
C-01	211.58	211.14	211.04	211.09	<b>211.21</b>	111.64	111.63	111.62	112.22	<b>111.78</b>	80.71	81.58	81.67	81.47	<b>81.36</b>	
C-02	211.84	211.95	211.77	211.04	<b>211.65</b>	112.69	112.36	112.44	111.86	<b>112.34</b>	79.87	79.71	79.31	79.81	<b>79.68</b>	
C-03	211.59	211.50	211.98	211.14	<b>211.55</b>	112.02	112.66	112.75	111.96	<b>112.35</b>	81.38	80.74	80.92	80.00	<b>80.76</b>	
C-04	211.20	212.00	210.95	212.05	<b>211.55</b>	110.55	110.50	110.95	110.70	<b>110.68</b>	81.09	81.05	81.09	81.07	<b>81.08</b>	
C-05	211.50	211.33	211.52	211.10	<b>211.36</b>	112.85	112.90	112.05	109.85	<b>111.91</b>	80.00	79.50	81.05	79.45	<b>80.00</b>	
C-06	211.32	211.00	211.80	211.30	<b>211.36</b>	110.23	111.25	110.95	110.70	<b>110.78</b>	80.95	81.50	81.65	82.00	<b>81.53</b>	
C-07	211.70	211.03	211.40	211.75	<b>211.47</b>	110.65	110.20	111.45	110.75	<b>110.76</b>	80.05	78.55	80.95	80.00	<b>79.89</b>	
C-08	211.02	211.50	210.58	211.80	<b>211.23</b>	110.95	111.10	110.75	110.80	<b>110.90</b>	80.15	80.30	81.25	80.75	<b>80.61</b>	
C-09	211.05	211.65	211.40	211.20	<b>211.33</b>	112.50	113.05	111.60	112.25	<b>112.35</b>	79.90	78.15	78.85	81.00	<b>79.48</b>	
C-10	211.00	211.30	211.80	211.50	<b>211.40</b>	110.30	110.50	110.20	111.25	<b>110.56</b>	78.85	78.95	79.00	80.05	<b>79.21</b>	
Dimensiones nominales					L:	210.00					110.00					80.00
Desviación estandar					σ:	0.14					0.77					0.82
Largo promedio					Lp	211.41					111.44					80.36
Variación Dimensional					V%	0.67					1.31					0.45
Coeficiente de variación					coef.var%	0.07					0.70					1.02

**Tabla A. 3**

*Variación Dimensional con 2.5% PET*

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON 2.5% DE PLÁSTICO PET																
Ensayo: VARIACIÓN DIMENSIONAL					Precisión: 1mm					Instrumento : Pie de Rey						
Espécimen N°	Largo(mm)					Ancho(mm)					Altura(mm)					
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp	
C-01	211.00	211.00	211.00	210.00	<b>210.75</b>	112.00	112.50	113.00	112.40	<b>112.48</b>	80.80	80.50	80.50	80.40	<b>80.55</b>	
C-02	212.40	212.30	212.30	212.50	<b>212.38</b>	111.50	111.50	111.50	111.00	<b>111.38</b>	81.00	81.30	80.20	81.02	<b>80.88</b>	
C-03	212.10	212.00	212.30	212.00	<b>212.10</b>	111.20	112.20	112.10	111.00	<b>111.63</b>	80.80	79.00	79.80	80.00	<b>79.90</b>	
C-04	211.00	210.80	212.00	211.60	<b>211.35</b>	110.10	111.00	110.60	111.00	<b>110.68</b>	80.00	81.70	81.50	81.80	<b>81.25</b>	
C-05	211.00	212.00	211.00	212.02	<b>211.51</b>	111.80	112.50	112.30	113.00	<b>112.40</b>	80.70	80.50	80.60	80.30	<b>80.53</b>	
C-06	212.00	212.70	212.00	212.00	<b>212.18</b>	111.00	112.00	111.60	112.00	<b>111.65</b>	81.00	81.07	81.20	81.00	<b>81.07</b>	
C-07	211.40	212.00	212.00	212.00	<b>211.85</b>	112.00	112.00	112.00	112.00	<b>112.00</b>	80.60	81.00	81.00	80.60	<b>80.80</b>	
C-08	210.10	210.12	210.15	210.14	<b>210.13</b>	110.16	110.20	110.16	110.20	<b>110.18</b>	80.10	80.00	80.00	80.00	<b>80.03</b>	
C-09	210.25	210.15	210.25	210.25	<b>210.23</b>	110.24	110.66	110.56	110.60	<b>110.52</b>	79.80	79.00	79.00	79.60	<b>79.35</b>	
C-10	211.38	210.42	211.59	211.53	<b>211.23</b>	110.11	111.62	111.54	111.47	<b>111.18</b>	79.10	79.12	78.12	78.60	<b>78.74</b>	
Dimensiones nominales					L:	210.00					110.00					80.00
Desviación estandar					σ:	0.80					0.78					0.80
Largo promedio					Lp	211.37					111.41					80.31
Variación Dimensional					V%	0.65					1.28					0.39
Coeficiente de variación					coef.var%	0.38					0.71					1.00

**Tabla A. 4**

*Variación Dimensional con 5% PET*

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON 5% DE PLÁSTICO PET																
Ensayo: VARIACIÓN DIMENSIONAL					Precisión: 1mm					Instrumento : Pie de Rey						
Espécimen N°	Largo(mm)					Ancho(mm)					Altura(mm)					
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp	
C-01	212.50	212.00	212.20	211.40	<b>212.03</b>	111.40	112.60	111.70	111.70	<b>111.85</b>	80.80	81.40	81.20	82.00	<b>81.35</b>	
C-02	212.30	211.60	212.60	212.30	<b>212.20</b>	113.10	111.30	111.50	113.50	<b>112.35</b>	80.00	80.70	81.00	80.60	<b>80.58</b>	
C-03	211.30	211.50	211.50	211.60	<b>211.48</b>	111.60	111.30	111.00	112.10	<b>111.50</b>	80.40	81.00	80.00	80.30	<b>80.43</b>	
C-04	211.20	210.80	212.00	211.00	<b>211.25</b>	111.10	112.00	110.70	111.40	<b>111.30</b>	80.00	80.30	80.00	79.80	<b>80.03</b>	
C-05	211.00	211.60	212.00	212.00	<b>211.65</b>	110.70	111.60	111.00	112.00	<b>111.33</b>	79.70	80.00	79.80	80.00	<b>79.88</b>	
C-06	210.13	210.60	210.15	210.20	<b>210.27</b>	110.10	110.25	110.16	110.25	<b>110.19</b>	80.17	80.10	80.10	80.20	<b>80.14</b>	
C-07	210.10	210.00	210.13	210.10	<b>210.08</b>	110.10	110.20	110.15	110.10	<b>110.14</b>	80.00	80.00	80.10	80.10	<b>80.05</b>	
C-08	212.00	211.40	212.20	211.60	<b>211.80</b>	112.00	111.10	112.00	111.50	<b>111.65</b>	79.70	80.10	80.40	79.10	<b>79.83</b>	
C-09	212.00	212.00	212.40	212.50	<b>212.23</b>	110.20	110.50	112.00	112.00	<b>111.18</b>	81.79	80.10	80.10	79.10	<b>80.27</b>	
C-10	210.00	210.50	209.90	210.50	<b>210.23</b>	112.14	112.21	112.13	112.74	<b>112.31</b>	79.95	80.00	81.00	80.13	<b>80.27</b>	
Dimensiones nominales					L:	210.00					110.00					80.00
Desviación estandar					σ:	0.84					0.75					0.44
Largo promedio					Lp	211.32					111.38					80.28
Variación Dimensional					V%	0.63					1.25					0.35
Coeficiente de variación					coef.var%	0.40					0.67					0.55

**Tabla A. 5**

*Variación Dimensional con 7.5% PET*

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON 7.5% DE PLÁSTICO PET																
Ensayo: VARIACIÓN DIMENSIONAL					Precisión: 1mm					Instrumento : Pie de Rey						
Espécimen N°	Largo(mm)					Ancho(mm)					Altura(mm)					
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp	
C-01	211.70	211.30	210.25	210.80	<b>211.01</b>	110.95	111.55	111.95	110.80	<b>111.31</b>	79.20	80.00	78.35	80.05	<b>79.40</b>	
C-02	210.00	210.90	210.45	211.05	<b>210.60</b>	110.45	111.05	110.95	110.30	<b>110.69</b>	81.10	81.40	80.50	81.05	<b>81.01</b>	
C-03	209.80	211.65	210.05	210.65	<b>210.54</b>	110.50	111.50	110.80	110.95	<b>110.94</b>	79.80	79.65	79.60	80.35	<b>79.85</b>	
C-04	211.60	211.35	211.45	211.70	<b>211.53</b>	110.55	110.50	110.95	110.70	<b>110.68</b>	81.90	81.05	81.95	81.70	<b>81.65</b>	
C-05	211.75	211.50	211.95	212.35	<b>211.89</b>	112.85	112.90	112.05	112.00	<b>112.45</b>	80.00	79.50	81.05	79.45	<b>80.00</b>	
C-06	210.95	211.00	211.80	211.30	<b>211.26</b>	111.35	111.25	110.95	110.70	<b>111.06</b>	80.95	81.50	81.65	82.00	<b>81.53</b>	
C-07	211.70	211.95	211.40	211.75	<b>211.70</b>	110.65	111.15	111.45	110.75	<b>111.00</b>	80.05	78.55	80.95	80.00	<b>79.89</b>	
C-08	211.85	211.50	211.65	211.80	<b>211.70</b>	110.95	111.10	110.75	110.80	<b>110.90</b>	80.15	80.30	81.25	80.75	<b>80.61</b>	
C-09	212.05	210.65	210.40	211.20	<b>211.08</b>	112.50	113.05	111.60	112.25	<b>112.35</b>	79.90	78.15	78.85	81.00	<b>79.48</b>	
C-10	211.95	212.20	210.80	210.95	<b>211.48</b>	112.10	112.05	112.95	111.25	<b>112.09</b>	78.85	77.95	79.00	80.05	<b>78.96</b>	
Dimensiones nominales					L:	210.00					110.00					80.00
Desviación estandar					σ:	0.47					0.69					0.92
Largo promedio					Lp	211.28					111.35					80.24
Variación Dimensional					V%	0.61					1.22					0.30
Coeficiente de variación					coef.var%	0.22					0.61					1.15

**Tabla A. 6**

*Variación Dimensional con 10% PET*

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON 10% DE PLÁSTICO PET																
Ensayo: VARIACIÓN DIMENSIONAL					Precisión: 1mm					Instrumento : Pie de Rey						
Espécimen N°	Largo(mm)					Ancho(mm)					Altura(mm)					
	L1	L2	L3	L4	Lp	A1	A2	A3	A4	Ap	H1	H2	H3	H4	Hp	
C-01	212.01	212.00	211.20	212.01	<b>211.81</b>	111.30	111.60	111.95	110.80	<b>111.41</b>	79.20	80.00	78.35	80.05	<b>79.40</b>	
C-02	211.30	210.90	210.45	211.05	<b>210.93</b>	112.00	111.40	110.95	110.30	<b>111.16</b>	80.10	80.40	80.50	81.02	<b>80.51</b>	
C-03	211.20	211.65	210.05	210.65	<b>210.89</b>	112.00	110.40	110.80	110.95	<b>111.04</b>	79.80	79.65	79.60	80.35	<b>79.85</b>	
C-04	211.30	211.35	210.10	211.70	<b>211.11</b>	112.00	113.30	110.95	110.70	<b>111.74</b>	80.90	81.05	80.90	81.07	<b>80.98</b>	
C-05	211.75	211.50	210.20	212.35	<b>211.45</b>	111.00	112.20	112.05	112.00	<b>111.81</b>	80.00	79.50	81.05	79.45	<b>80.00</b>	
C-06	211.20	211.00	211.80	211.30	<b>211.33</b>	111.00	111.25	110.95	110.70	<b>110.98</b>	80.95	80.50	80.65	80.00	<b>80.53</b>	
C-07	211.60	211.95	211.40	211.75	<b>211.68</b>	110.65	111.15	111.45	110.75	<b>111.00</b>	80.05	79.55	80.95	80.00	<b>80.14</b>	
C-08	211.85	211.50	210.30	211.80	<b>211.36</b>	111.60	111.10	110.75	110.80	<b>111.06</b>	80.15	80.30	81.25	80.75	<b>80.61</b>	
C-09	210.05	210.65	210.40	211.20	<b>210.58</b>	111.00	113.05	111.60	112.25	<b>111.98</b>	80.90	80.15	79.85	80.00	<b>80.23</b>	
C-10	211.95	212.20	210.80	210.00	<b>211.24</b>	111.00	112.05	112.95	111.25	<b>111.81</b>	79.92	79.85	80.00	79.50	<b>79.82</b>	
Dimensiones nominales					L:	210.00					110.00					80.00
Desviación estandar					σ:	0.37					0.40					0.46
Largo promedio					Lp	211.24					111.40					80.21
Variación Dimensional					V%	0.59					1.27					0.26
Coeficiente de variación					coef.var%	0.18					0.36					0.58

**c. Absorción de las unidades de albañilería con diferentes dosificaciones de Plástico PET**

**Tabla A. 7**

*Absorción con 0% PET*

Muestra N°	Peso (gr)					Absorción (%)	Absorción Máxima (%)	Coeficiente de Saturación	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )
	Natural	Seco	Sumergido Fría	Saturado (24 h)	Saturado (5 h.Ebull.)				
A-01	4216	4317	2717	4587	4774	6.25	10.59	0.59	2.10
A-02	4314	4337	2709	4599	4786	6.04	10.35	0.58	2.09
A-03	4146	4174	2668	4425	4612	6.01	10.49	0.57	2.15
A-04	4230	4261	2654	4524	4711	6.17	10.56	0.58	2.07
A-05	4023	4172	2522	4419	4606	5.92	10.40	0.57	2.00
<b>PROMEDIO</b>						<b>6.08</b>	<b>10.48</b>	<b>0.58</b>	<b>2.08</b>

**Tabla A. 8**

*Absorción con 2.5% PET*

Muestra N°	Peso (gr)					Absorción (%)	Absorción Máxima (%)	Coeficiente de Saturación	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )
	Natural	Seco	Sumergido Fría	Saturado (24 h)	Saturado (5 h.Ebull.)				
A-01	4049	4150	2550	4428	4615	6.70	11.20	0.60	2.01
A-02	3978	4001	2373	4263	4462	6.55	11.52	0.57	1.92
A-03	3975	4071	2565	4356	4569	7.00	12.23	0.57	2.03
A-04	3845	3876	2269	4125	4325	6.42	11.58	0.55	1.89
A-05	4042	4191	2541	4465	4685	6.54	11.79	0.55	1.95
<b>PROMEDIO</b>						<b>6.64</b>	<b>11.67</b>	<b>0.57</b>	<b>1.96</b>

**Tabla A. 9**

*Absorción con 5% PET*

Muestra N°	Peso (gr)					Absorción (%)	Absorción Máxima (%)	Coeficiente de Saturación	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )
	Natural	Seco	Sumergido Fría	Saturado (24 h)	Saturado (5 h.Ebull.)				
A-01	3740	3841	2241	4111	4298	7.03	11.90	0.59	1.87
A-02	3840	3863	2235	4165	4364	7.82	12.97	0.60	1.81
A-03	3870	3966	2460	4252	4465	7.21	12.58	0.57	1.98
A-04	3910	3941	2334	4247	4447	7.76	12.84	0.60	1.87
A-05	3820	3969	2319	4230	4450	6.58	12.12	0.54	1.86
<b>PROMEDIO</b>						<b>7.28</b>	<b>12.48</b>	<b>0.58</b>	<b>1.88</b>

**Tabla A. 10**

*Absorción con 7.5% PET*

Muestra N°	Peso (gr)					Absorción (%)	Absorción Máxima (%)	Coeficiente de Saturación	Densidad (gr/cm3)
	Natural	Seco	Sumergido	Saturado	Saturado				
			Fría	(24 h)	(5 h.Ebull.)				
A-01	3714	3613	2013	3883	4070	7.5	12.65	0.59	1.76
A-02	3720	3697	2069	3951	4150	6.9	12.25	0.56	1.78
A-03	3624	3528	2022	3877	4090	9.9	15.93	0.62	1.71
A-04	3725	3694	2087	4000	4200	8.3	13.70	0.60	1.75
A-05	3810	3661	2011	3900	4120	6.5	12.54	0.52	1.74
<b>PROMEDIO</b>						<b>7.8</b>	<b>13.4</b>	<b>0.58</b>	<b>1.74</b>

**Tabla A. 11**

*Absorción con 10% PET*

Muestra N°	Peso (gr)					Absorción (%)	Absorción Máxima (%)	Coeficiente de Saturación	Densidad (gr/cm3)
	Natural	Seco	Sumergido	Saturado	Saturado				
			Fría	(24 h)	(5 h.Ebull.)				
A-01	3524	3240	1640	3521	3708	8.67	14.44	0.60	1.57
A-02	3589	3245	1617	3514	3713	8.29	14.42	0.57	1.55
A-03	3490	3324	1818	3612	3825	8.66	15.07	0.57	1.66
A-04	3192	3223	1616	3537	3737	9.74	15.95	0.61	1.52
A-05	3215	3310	1660	3578	3798	8.10	14.74	0.55	1.55
<b>PROMEDIO</b>						<b>8.69</b>	<b>14.93</b>	<b>0.58</b>	<b>1.57</b>

c. Resistencia a compresión de las unidades de albañilería con diferentes porcentajes de PET

**Tabla A. 12**

*Resistencia a Compresión con 0% PET*

Espécimen N°	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA (cm2)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA		RESISTENCIA CARACTERÍSTICO A COMPRESIÓN (fb)
M-1	211.20	111.70	82.00	236	30409	128.90	140.0	133.4
M-2	210.70	112.50	85.00	237	31929	134.70	146.4	139.7
M-3	211.60	112.00	81.00	237	32349	136.50	148.3	141.7
M-4	212.00	112.00	81.60	237	33147	139.60	151.7	145.0
M-5	210.50	111.70	80.00	235	34211	145.50	158.1	151.4
<b>Promedio fb (kg/cm2)</b>						<b>R:</b>	<b>148.89</b>	
<b>Desviacion estandar (kg/cm2)</b>						<b>σ:</b>	<b>6.66</b>	
<b>fb caracteristico (kg/cm2)</b>						<b><u>fb</u></b>	<b>142.2</b>	
<b>Coefficiente de variacion (%)</b>						<b>V%</b>	<b>4.5</b>	

**Tabla A. 13**

*Resistencia a Compresión con 2.5% PET*

Espécimen N°	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA		RESISTENCIA CARACTERÍSTICO A COMPRESIÓN (fb)
M-1	211.90	112.00	79.40	237	48239	203.26	219.5	196.8
M-2	211.90	112.00	81.01	237	40104	168.98	182.5	159.7
M-3	210.10	110.18	80.03	231	46983	202.96	219.2	196.4
M-4	210.23	110.52	78.35	232	52324	225.20	243.2	220.5
M-5	211.03	111.18	79.70	235	46913	186.00	200.9	178.1
Promedio fb (kg/cm <sup>2</sup> )						R:	<b>213.06</b>	
Desviacion estandar (kg/cm <sup>2</sup> )						σ:	<b>22.75</b>	
fb caracteristico (kg/cm <sup>2</sup> )						fb	<b>190.3</b>	
Coeficiente de variacion (%)						V%	<b>10.7</b>	

**Tabla A. 14**

*Resistencia a Compresión con 5% PET*

Espécimen N°	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA		RESISTENCIA CARACTERÍSTICO A COMPRESIÓN (fb)
M-1	212	112	79	236.43	42957	181.69	196.2	172.3
M-2	212	112	81	236	42324	178.98	193.3	169.4
M-3	210	110	80	231	46433	200.68	216.7	192.8
M-4	210	110	80	232	53677	231.79	250.3	226.4
M-5	211	111	80	234	42878	183.27	197.9	174.0
Promedio fb (kg/cm <sup>2</sup> )						R:	<b>210.90</b>	
Desviacion estandar (kg/cm <sup>2</sup> )						σ:	<b>23.89</b>	
fb caracteristico (kg/cm <sup>2</sup> )						fb	<b>187.0</b>	
Coeficiente de variacion (%)						V%	<b>11.3</b>	

**Tabla A. 15**

*Resistencia a Compresión con 7.5% PET*

Espécimen N°	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA		RESISTENCIA CARACTERÍSTICO A COMPRESIÓN (fb)
M-1	211	111	79	235	52492	223.52	242.9	214.7
M-2	211	111	81	233	44589	191.26	207.9	179.7
M-3	211	111	80	233	40329	172.76	187.7	159.5
M-4	212	111	82	234	37573	160.48	174.5	146.3
M-5	212	113	80	238	38996	163.58	177.9	149.7
Promedio fb (kg/cm <sup>2</sup> )						R:	<b>198.2</b>	
Desviacion estandar (kg/cm <sup>2</sup> )						σ:	<b>28.2</b>	
fb caracteristico (kg/cm <sup>2</sup> )						fb	<b>170.0</b>	
Coeficiente de variacion (%)						V%	<b>14.2</b>	

**Tabla A. 16**

*Resistencia a Compresión con 10% PET*

Especimen N°	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA		RESISTENCIA CARACTERÍSTICO A COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	
M-1	211	111	79	235	33118	141.02	153.2	139.2	
M-2	211	111	81	233	27556	118.20	128.4	114.4	
M-3	211	111	80	233	30184	129.30	140.5	126.5	
M-4	212	111	82	234	26972	115.20	125.2	111.2	
M-5	212	113	80	238	25794	108.20	117.6	103.5	
			Promedio fb (kg/cm <sup>2</sup> )				R:	132.97	
			Desviacion estandar (kg/cm <sup>2</sup> )				σ:	14.01	
			fb caracteristico (kg/cm <sup>2</sup> )				<b>fb</b>	<b>119.0</b>	
			Coeficiente de variacion (%)				V%	10.5	

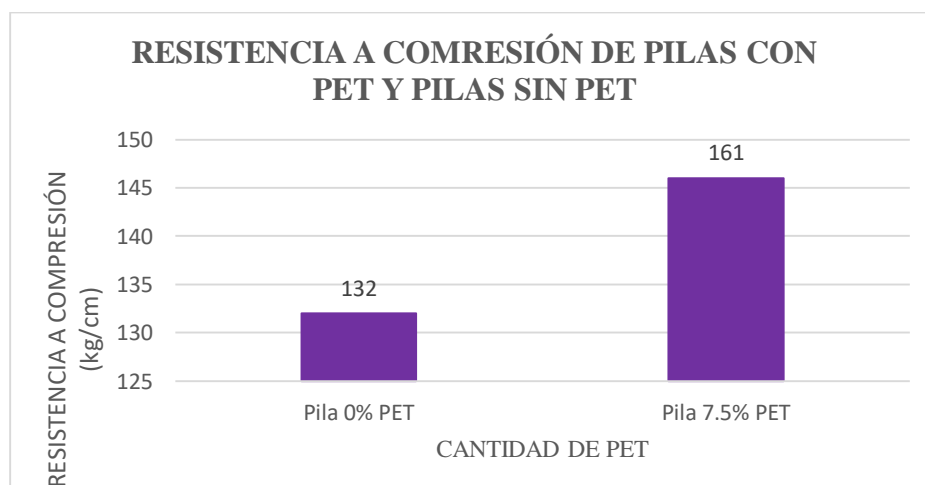
**ANEXO 2: Cálculos del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería**

**Tabla A.17**

*Resistencia a Compresión de Pilas de Albañilería*

Especimen N°	fm promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	f'm(Mpa)
Pila 0% PET	132	12.94
Pila 7.5% PET	161	15.79

Mediante los ensayos realizados se tiene los resultados de la resistencia a compresión de las pilas de albañilería con incorporación de 7.5% de PET y la otra sin incorporación de plástico PET, por la forma de falla de las pilas en ambos casos es producida por la tracción lateral de forma vertical la cual nos dice que esta falla es la indicada, mientras si fuese falla por concentración de esfuerzos (trituration) estas serían fallas frágiles no recomendables.



### ANEXO 3: Cálculos del ensayo de resistencia a compresión axial de pila

**Tabla A.18**

*Resistencia a Compresión en Pilas de Albañilería*

Espécimen N°	MUESTRA	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCIÓN	f' m(kg/cm <sup>2</sup> )	f' m promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACIÓN ESTANDAR	COEF. VARIACIÓN	f' m(kg/cm <sup>2</sup> )
PET-0%	P-01	212	113	270	241	32131	2.38	0.78	134	137	4.76	3%	132
	P-02	212	113	271	239	31584	2.40	0.79	132				
	P-03	212	112	269	238	33962	2.49	0.80	143				
	P-04	212	112	280	238	32827	2.49	0.80	138				
PET-7.5%	P-05	212	112	267	236	38747	2.39	0.78	164	164	3	2%	161
	P-06	212	113	266	239	38081	2.36	0.78	159				
	P-07	212	112	267	237	39067	2.40	0.79	166				
	P-08	212	112	267	238	39619	2.38	0.78	166				

## **ANEXO 4: Aporte de la fabricación de unidades de Albañilería con incorporación de Plástico PET**

**Tabla A. 19**

*Dosificación de Materiales para la Fabricación de Unidades de Albañilería con 7.5% de PET*

<b>Materiales</b>	<b>TM Ø 3/8"</b>			
	<b>1 unidad</b>	<b>3 unidades</b>	<b>6 unidades</b>	<b>24 unidades</b>
<b>Cemento (Kg)</b>	0.48	1.43	2.87	11.47
<b>Arena (Kg)</b>	2.47	7.42	14.84	59.35
<b>Piedra (Kg)</b>	1.35	4.04	8.07	32.30
<b>Agua (cm<sup>3</sup>)</b>	1,454.77	4,364.32	8,728.65	34,914.59
<b>Pet (Kg)</b>	0.310	0.93	1.86	7.43

- ✓ Para la fabricación de una unidad de albañilería se utiliza 310 gramos de plástico PET esto representa 14 unidades de botellas de bebidas descartables puesto que el peso de cada botella de 600 ml es de 22 gramos.
- ✓ Desde el punto de vista ambiental sabemos que una botella de plástico PET tarda en 1000 años en biodegradarse, al incorporar como materia prima para la fabricación de una unidad de albañilería sería muy beneficioso ya que se estaría iniciando el reciclaje del material, para luego ser triturado e incorporado en el diseño de mezcla utilizando como reemplazo de los agregados; otro beneficio es que para la obtención del producto final este se seca al aire libre y no se quema en hornos como es el caso de ladrillos artesanales hechos a base de arcilla, de esta manera se estaría contribuyendo a la disminución de la contaminación ambiental.
- ✓ En comparación a los costos unitarios las unidades de albañilería con incorporación de 7.5% de plástico PET es de S/. 1.86 nuevos soles y la unidad de albañilería sin incorporación de plástico PET es de S/. 1.85 nuevos soles; teniendo un material ecoamigable para la construcción de edificaciones sostenibles.

## **ANEXO 5: Cálculos del costo de unidades de albañilería**

- **Evaluación del costo unitario de la unidad de albañilería**

Desarrollamos el costo unitario de la unidad de albañilería con plástico PET y analizamos los beneficios económicos, en la fabricación de unidades de albañilería para edificaciones sostenibles, se analiza el costo de producción, de acuerdo a los equipos que se utilizaron para la fabricación de unidades de albañilería. Para la evaluación del costo unitario se considerará los costos de mantenimiento de las maquinarias y equipos.

De la tabla A.19 y tabla A.20 podemos concluir lo siguiente:

- Para unidades de albañilería sin plástico PET (patrón) el precio unitario es de S/. 1.86 (Un sol con ochenta y seis nuevos soles); mientras que el costo unitario de unidades de albañilería con 7.5% de plástico PET el costo unitario es de S/. 1.85 (Un sol con ochenta y cinco nuevos soles) siendo una diferencia de S/0.01 céntimos en ahorro al fabricar con este material.



- Costo Unitario de la Unidad de Albañilería sin Plástico PET

**Tabla A.20**

*Costo Unitario de Unidades de Albañilería sin Plástico PET*

Análisis de Costo Unitario						
<b>Proyecto de tesis:</b> ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO PET RECICLADO PARA EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE AYACUCHO						
<b>Elaborado:</b> Rossana Arce Espinoza						
Partida	Producción de Unidades de Albañilería Sin Incorporación de Plástico PET (Patrón)				Rendimiento:	<b>1500 und/día</b>
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	<b>Mano de Obra</b>					
	OPERARIO	hh	1.0	0.0053	23.78	0.1268
	PEON	hh	5.0	0.0267	16.95	0.4520
						<b>0.5788</b>
	<b>Materiales</b>					
	CONFITILLO	m3		0.0015	25.00	0.0363
	ARENA GRUESA	m3		0.0027	42.00	0.1121
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0113	26.50	0.2995
	AGUA	m3		0.0015	4.50	0.0068
						<b>0.4546</b>
	<b>Equipos</b>					
	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	0.58	0.0290
	BLOQUETERA AMERICANA	hm	1.0	0.0053	142.85	0.7619
	TROMO MEZCLADOR 4 HP 1.25"	dia	1.0	0.0007	50.00	0.0333
						<b>0.8242</b>
					<b>COSTO UNITARIO POR m3:</b>	<b>1.86</b>

- Costo Unitario de la Unidad de Albañilería clase IV con Plástico PET

**Tabla A.21**

*Costo Unitario con Plástico PET*

<b>Análisis de Costo Unitario</b>						
<b>Proyecto de tesis:</b> ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO PET RECICLADO PARA EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE AYACUCHO						
<b>Elaborado:</b> Rossana Arce Espinoza						
Partida	<b>Producción de Unidades de Albañilería con 7.5% de Plástico PET</b>				Rendimiento:	<b>1500 und/día</b>
	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
	OPERARIO	hh	1.0000	0.00533	23.78	0.1268
	PEON	hh	5.0000	0.02667	16.95	0.4520
						<b>0.5788</b>
	<b>Materiales</b>					
	CONFITILLO	m3		0.0014	25.00	0.0338
	ARENA GRUESA	m3		0.0025	42.00	0.1037
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0113	26.50	0.2991
	AGUA	m3		0.0015	4.50	0.0068
	PET	m3		0.0003	0.50	0.00016
						<b>0.4435</b>
	<b>Equipos</b>					
	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.00000	0.58	0.0290
	BLOQUETERA AMERICANA	hm	1.0000	0.00533	142.85	0.7619
	TROMO MEZCLADOR 4 HP 1.25"	dia	1.0000	0.00067	50.00	0.0333
						<b>0.8242</b>
	<b>COSTO UNITARIO POR m3:</b>					<b>1.85</b>

**ANEXO 6: Matriz de consistencia**

**Tabla A.22 Matriz de Consistencia**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿De qué manera la incorporación de plástico PET reciclado en la fabricación de unidades de albañilería incide en sus propiedades físico – mecánicas para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a. ¿En qué medida la granulometría del plástico PET reciclado influye en la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería?</p> <p>b. ¿En qué medida la dosificación del plástico PET reciclado en diferentes proporciones influye en la resistencia a la compresión?</p> <p>c. ¿Cuál es la cantidad máxima de plástico PET reciclado que influye en la resistencia a la compresión para unidades de albañilería clase iv respecto del patrón?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Determinar de qué manera la incorporación de plástico PET reciclado en la fabricación de unidades incide en sus propiedades físico mecánicas para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a. Determinar en qué medida la granulometría del plástico PET reciclado influye en la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.</p> <p>b. Determinar en qué medida la dosificación de Plástico PET reciclado en diferentes proporciones influye en la resistencia a la compresión.</p> <p>c. Determinar la cantidad máxima de plástico PET reciclado influye en la resistencia a la compresión para unidades de albañilería clase iv respecto del patrón</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERALEL</b> La incorporación del plástico PET reciclado en la fabricación de unidades de albañilería incide significativamente en sus propiedades físico mecánicas para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>a. La granulometría del plástico PET influye significativamente en la resistencia a la compresión en la unidad de albañilería.</p> <p>b. La dosificación del Plástico PET en diferentes proporciones influye significativamente en la resistencia a la compresión.</p> <p>c. La cantidad máxima de plástico PET reciclado influye en la resistencia a la compresión en unidades de albañilería clase iv respecto del patrón.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> <b>X:</b> plástico PET reciclado</p> <p><b>Dimensiones</b> X1: granulometría X2: dosificación X3: cantidad</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> <b>Y:</b> Propiedades físico - mecánicas de unidades de albañilería</p> <p><b>Dimensiones</b> Y1: propiedades físicas Y2: resistencia a la compresión Y3: resistencia a la compresión en pilas</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> Experimental, prospectivo, longitudinal y analítico</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> Explicativo</p> <p><b>DISEÑO</b> Experimental, prospectivo longitudinal</p> <p><b>POBLACIÓN</b> La población está compuesta por 120 unidades de albañilería con plástico PET y 72 unidades de albañilería patrón para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho.</p> <p><b>MUESTRA</b> No existe muestra, es un censo, porque se ha estudiado las 192 unidades de albañilería.</p> <p><b>TÉCNICA</b> Análisis documental</p> <p><b>INSTRUMENTO</b> Registro</p>

## ANEXO 7: Resultados de ensayos de laboratorio

---

A : ROSSANA ARCE ESPINOZA

DE : INGEOTECON GEOTECNIA Y CONCRETO  
CONSULTORES EN GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

---

ASUNTO : **INFORME DE CLASIFICACION DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA.  
LADRILLOS DE CONCRETO CON 7.50% PET**

**Proyecto:** "PROYECTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO PET RECICLADO PARA EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

---

El objetivo del presente Informe es exponer los resultados de los ensayos para la clasificación de la unidad de albañilería.

El solicitante se encargó de la identificación, toma de muestras, transporte y entrega de las muestras al laboratorio INGEOTECON.

### 1.0 GLOSARIO DE TERMINOS:

**Ladrillo;** Se denomina ladrillo a la unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulado con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.

**Unidades Solidas o Macizas;** Son las que no tienen huecos o presentan alveolos o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que cubren un área no mayor al 25% del área de la sección bruta. Sin embargo, los experimentos indican que es posible emplear unidades hasta con 33% de vacíos, más allá del cual se toma muy frágil. Estas unidades se



INGEOTECON  
ING. YANET CUCHILLA MENDOZA  
CIP. N° 202986  
JEFE DE LABORATORIO

emplean en la construcción de muros portantes. (San Bartolomé Ramos - 1994)

**Unidades Huecas;** Son aquellas donde el área neta es menor al 75% del área bruta.

**Unidades Tubulares;** Son aquellas que tiene sus alveolos dispuestos en forma paralela a la superficie de asiento, en estos clasifican los ladrillos panderetas utilizados en tabiques.

**Muestreo;** El muestreo debe ser efectuado a pie de obra, por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y alabeo, cinco de estas unidades se deben ensayar a compresión y las otra a absorción.

## 2.0 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA CLASIFICACION DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA.

2.1. Para determinar las propiedades de las unidades de albañilería, se realizó ensayos según la norma NTP 399.613 Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla usados en Albañilería.

2.2. Para clasificar a las unidades de albañilería, según la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería (SENCICO 2004), se utilizan los resultados de los ensayos: variación dimensional, alabeo y compresión, estos valores se muestran en la tabla 1. Por ello, para clasificar a la unidad con fines estructurales, debe emplearse los resultados más desfavorables de los ensayos indicados en dicha Tabla.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre 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

### 3.0 ENSAYOS REALIZADOS.

#### 3.1. Variación dimensional

Esta característica de las unidades de albañilería define la altura de las hiladas que se refleja en el mayor o menor espesor de la junta de mortero. La variación de la junta por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 10 a 15 mm, conduce a una albañilería menos resistente a compresión y a fuerza cortante.

Las medidas promedio de las unidades de ladrillo ensayadas son: 21.1 x 11.1cm x 8cm  
Tomando en consideración que las medidas del ladrillo son de 21cm x 11cm x 8cm, para las comparaciones de los coeficientes de variación, se tiene:

Variación dimensional en longitud = 0.61% < 1%

Variación dimensional en ancho = 1.22% < 2%

Variación dimensional en altura = 0.30% < 3%

Por lo tanto, según la variación dimensional se puede clasificar a la muestra de las unidades de albañilería como de **Clase V**.

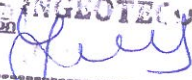
#### 3.2. Alabeo

El efecto del alabeo es semejante al de la variación dimensional, es decir produce el aumento o disminución en el espesor de las juntas de mortero, que influye en la resistencia a compresión y a fuerza cortante de la albañilería.

Según los ensayos realizados se tiene:

Alabeo máximo de 1.29mm < 2mm

Por lo tanto, según el alabeo se puede clasificar a la muestra de las unidades de albañilería como de **Clase V**.



**INGEOTECON**  
ING. YANET CUCHILLA MENDOZA  
CIP. N° 202986  
JEFE DE LABORATORIO

### 3.3. Resistencia a compresión de las unidades de albañilería ( $f_b$ )

Los valores altos señalan una buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición, los valores bajos en cambio señalan unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'_b$ ) se obtiene restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

Según los ensayos realizados se tiene:

$f_b$  promedio = 198.2 kg/cm<sup>2</sup>

Desviación estándar = 28.2 kg/cm<sup>2</sup>

$f'_b$  característico = 170 kg/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de variación 14.2 %

Según la resistencia característica a la compresión simple de la unidad de albañilería  $f'_b$  se puede clasificar a la muestra de las unidades de albañilería como de Clase IV.

Se menciona que el coeficiente de variación es menor al 20% (ladrillo industrial) lo que indica que el lote presenta una variabilidad dentro de lo especificado por lo que el lote es aceptado.

### 3.4. Absorción

La absorción es la medida de transferencia del agua desde un medio externo a una unidad de albañilería (ladrillo). Una absorción elevada (más de 22%) indica que el ladrillo es poroso y de baja resistencia a la acción de la intemperie.

La norma E.070 (SENCICO 2004) establece que la absorción en las unidades de arcilla debe ser menor al 22% como criterio de aceptación.

Según los ensayos realizados se tiene:

**Absorción promedio de 7.8% < 22%**

Por lo tanto, este criterio **es** cumplido por las muestras de albañilería analizada.



ING. YANET CUCHILLA MENDOZA  
CIP. N° 202986  
JEFE DE LABORATORIO

### 3.5. Densidad

A partir de ensayos realizados se ha establecido que existe una relación estrecha entre la densidad del ladrillo y sus otras propiedades, por ejemplo a mayor densidad mejores propiedades de resistencia.

Según los ensayos realizados se tiene:

Densidad neta del ladrillo analizado es de **1.93 tn/m<sup>3</sup>**.

Densidad bruta del ladrillo analizado es de **1.93 tn/m<sup>3</sup>**.

## 4.0 CONCLUSIONES.

Según los ensayos de variación dimensional, alabeo y compresión axial del ladrillo se puede concluir que la unidad de albañilería analizada se **clasifica como LADRILLO DE CLASE IV**.

La unidad de albañilería es de medidas en promedio de: **21.1cm x 11.1cm x 8cm**.

El peso promedio de la unidad es de **3.64 kg**.

La resistencia característica a la compresión simple  $f'b$  es de **170.0 kg/cm<sup>2</sup>**

### Aceptación de la Unidad

El coeficiente de variación es de 14.2% y es menor al 20%.

La absorción es de 7.8% **el cual es menor al 22%**

Atentamente



**ING. YANET CUCHILLA MENDOZA**  
CIP. N° 202986  
JEFE DE LABORATORIO

**ANEXO**

**ENSAYOS DE LABORATORIO**



**ING. YANET CUCHILLA MENDOZA**  
CIP. N° 202986  
JEFE DE LABORATORIO



## VARIACIÓN DIMENSIONAL (NTP 399.613 Y NTP 339.604)

Código formato base:  
FOR-SIG-01.00  
Código del documento  
FOR-OPE-85.00

PROYECTO : "9HI 8-C" DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO PET RECICLADO PARA EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

CÓDIGO : INF. N° 005-2021/ING.-CON-21-O-004/INGEOTECON-0138-21

SOLICITA : ROSSANA ARCE ESPINOZA

MUESTRA : MUESTRAS PROPORCIONADAS

FECHA : ENERO DEL 2021

REGIÓN : AYACUCHO


PROVINCIA : HUAMANGA

DISTRITO : AYACUCHO

LUGAR : AYACUCHO

N°	MUESTRA	LARGO (mm)						ANCHO (mm)						ALTURA (mm)					
		L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0			
1	M-I: 7.5% PET	211.70	211.30	210.25	210.80	211.01	110.95	111.55	111.95	110.80	111.31	79.20	80.00	78.35	80.05	79.40			
2	M-II: 7.5% PET	210.00	210.90	210.45	211.05	210.60	110.45	111.05	110.95	110.30	110.69	81.10	81.40	80.50	81.05	81.01			
3	M-III: 7.5% PET	209.80	211.65	210.05	210.65	210.54	110.50	111.50	110.80	110.95	110.94	79.80	79.65	79.60	80.35	79.85			
4	M-IV: 7.5% PET	211.60	211.35	211.45	211.70	211.53	110.55	110.50	110.95	110.70	110.68	81.90	81.05	81.95	81.70	81.65			
5	M-V: 7.5% PET	211.75	211.50	211.95	212.35	211.89	112.85	112.90	112.05	112.00	112.45	80.00	79.50	81.05	79.45	80.00			
6	M-VI: 7.5% PET	210.95	211.00	211.80	211.30	211.26	111.35	111.25	110.95	110.70	111.06	80.95	81.50	81.65	82.00	81.53			
7	M-VII: 7.5% PET	211.70	211.95	211.40	211.75	211.70	110.65	111.15	111.45	110.75	111.00	80.05	78.55	80.95	80.00	79.89			
8	M-VIII: 7.5% PET	211.85	211.50	211.65	211.80	211.70	110.95	111.10	110.75	110.80	110.90	80.15	80.30	81.25	80.75	80.61			
9	M-IX: 7.5% PET	212.05	210.65	210.40	211.20	211.08	112.50	113.05	111.60	112.25	112.35	79.90	78.15	78.85	81.00	79.48			
10	M-X: 7.5% PET	211.95	212.20	210.80	210.95	211.48	112.10	112.05	112.95	111.25	112.09	78.85	77.95	79.00	80.05	78.96			
<b>Promedio Dimensión (mm)</b>		211.28						111.35						80.24					
<b>Dimensión especificada (mm)</b>		110.00																	
<b>Desviación estándar (mm)</b>		0.69																	
<b>Variación dimensional (%)</b>		<b>(1.22)</b>																	
<b>Coefficiente de Variación (%)</b>		<b>0.62</b>																	

  
**ING. YANET CACHILLA MENDOZA**  
 CIP. N° 202986  
 JEFE DE LABORATORIO

	<b>ALABEO</b> <b>(NTP 399.613 Y NTP 339.604)</b>	Código formato base: FOR-SIG-01.00
		Código del documento FOR-OPE-86.00

PROYECTO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO P

CÓDIGO : INF. N° 005-2021/ING-CON-21-O-004/INGEOTECÓN-0138-21      REGIÓN : AYACUCHO  
SOLICITA : ROSSANA ARCE ESPINOZA      PROVINCIA : HUAMANGA  
MUESTRA : MUESTRAS PROPORCIONADAS      DISTRITO : AYACUCHO  
FECHA : ENERO DEL 2021      LUGAR : AYACUCHO

N°	MUESTRA	CARA A		CARA B		PROMEDIO POR LADRILLO	
		COCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	COCAVO (mm)	CONVEXO (mm)	COCAVO (mm)	CONVEXO (mm)
1	M-I: 7.5% PET	0.06	0.00	0.27	0.00	0.17	-
2	M-II: 7.5% PET	0.23	0.00	0.05	0.00	0.14	-
3	M-III: 7.5% PET	0.02	0.74	0.12	0.00	0.07	0.37
4	M-IV: 7.5% PET	0.53	0.00	0.25	0.34	0.39	0.17
5	M-V: 7.5% PET	0.05	0.00	0.18	0.00	0.12	-
6	M-VI: 7.5% PET	0.31	0.00	0.08	0.00	0.20	-
7	M-VII: 7.5% PET	0.08	0.00	0.11	1.29	0.10	0.65
8	M-VIII: 7.5% PET	0.42	0.59	0.06	0.00	0.24	0.29
9	M-IX: 7.5% PET	0.19	0.00	0.24	0.00	0.22	-
10	M-X: 7.5% PET	0.75	0.00	0.05	0.00	0.40	-
<b>ALABEO Promedio (mm)</b>						<b>0.20</b>	<b>0.15</b>
<b>ALABEO Maximo (mm)</b>						<b>0.75</b>	<b>1.29</b>

  
  
**ING. YANET SUCHILLA MENDOZA**  
CIP. N° 202986  
**JEFE DE LABORATORIO**

	<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA (NTP 399.613 Y NTP 339.604)</b>	Código formato base: FOR-SIG-01.00
		Código del documento FOR-OPE-87.00

PROYECTO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO PET RECICLADO PARA EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

CÓDIGO : INF. N° 005-2021/ING-CON-21-O-004/INGEOTECON-0138-21      REGIÓN : AYACUCHO  
SOLICITA : ROSSANA ARCE ESPINOZA      PROVINCIA : HUAMANGA  
MUESTRA : MUESTRAS PROPORCIONADAS      DISTRITO : AYACUCHO  
FECHA : ENERO DEL 2021      LUGAR : AYACUCHO

Nº	MUESTRA	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO DEL ESPECIM. (cm)	ÁREA BRUTA DEL ESPECIM. (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DIGITAL (kg)	RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN ENTERO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA COREGIDA (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	M-I: 7.5% PET	21.10	11.13	234.88	52,492	223.5	242.9
2	M-II: 7.5% PET	21.06	11.07	233.11	44,589	191.3	207.9
3	M-III: 7.5% PET	21.05	11.09	233.57	40,329	172.7	187.7
4	M-IV: 7.5% PET	21.15	11.07	234.11	37,573	160.5	174.5
5	M-V: 7.5% PET	21.19	11.25	238.27	38,996	163.7	177.9
Promedio fb (kg/cm <sup>2</sup> )							198.2
Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )							28.2
f'b característico (kg/cm <sup>2</sup> )							170.0
Coeficiente de variación (%)							14.2

  
  
**ING. YANET CUCHILLA MENDOZA**  
CIP. N° 202986  
JEFE DE LABORATORIO

	<b>ABSORCIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA (NTP 399.613 Y NTP 339.604)</b>	Código formato base: FOR-SIG-01.00
		Código del documento FOR-OPE-88.00

PROYECTO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO PET RECICLADO PARA EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

CÓDIGO : INF. N° 005-2021/ING-CON-21-O-004/INGEOTECON-0138-21

REGIÓN : AYACUCHO

SOLICITA : ROSSANA ARCE ESPINOZA

PROVINCIA : HUAMANGA

MUESTRA : MUESTRAS PROPORCIONADAS

DISTRITO : AYACUCHO

FECHA : ENERO DEL 2021

LUGAR : AYACUCHO

Nº	MUESTRA	PESO SECO (gr)	PESO SSS SATURADO 24 HORAS (gr)	PESO SUMERGIDO LUEGO DE SATURADO SSS (gr)	ABSORCIÓN (%)	DENSIDAD BRUTA (tn/m3)	DENSIDAD NETA (tn/m3)
1	M-I: 7.5% PET	3,613.00	3,883.00	2,013.00	7.5	1.94	1.93
2	M-II: 7.5% PET	3,697.00	3,951.00	2,069.00	6.9	1.96	1.96
3	M-III: 7.5% PET	3,528.00	3,877.00	2,022.00	9.9	1.89	1.90
4	M-IV: 7.5% PET	3,694.00	4,000.00	2,087.00	8.3	1.93	1.93
5	M-V: 7.5% PET	3,661.00	3,900.00	2,011.00	6.5	1.92	1.94
<b>Promedio</b>		<b>3,638.6</b>	<b>3,922.2</b>	<b>2,040.4</b>	<b>7.8</b>	<b>1.93</b>	<b>1.93</b>

  
  
 ING. YANET CUCHILLA MENDOZA  
 CIP. N° 202986  
 JEFE DE LABORATORIO



**ANEXO**

**PANEL FOTOGRAFICO**



INGEOTECON

*Janet*

ING. YANET CUCHILLA MENDOZA  
CIP. N° 202986  
JEFE DE LABORATORIO



VISTA DE LOS ENSAYOS



  
  
**ING. YANET CUCHILLA MENDOZA**  
 CIP. N° 202986  
 JEFE DE LABORATORIO

VISTA DE ENSAYOS DE COMPRESION



  
  
ING. YANET CUCHILLA MENDOZA  
CIP. N° 202986  
JEFE DE LABORATORIO



**INGEOTECON**  
INGENIERÍA Y CONSULTAS

**VARIACIÓN DIMENSIONAL**  
**(NTP 399.613 Y NTP 339.604)**

Código formato base:  
FOR-SIG-01.00  
Código del documento  
FOR-LOPE-85.00

PROYECTO : "9GH 8-C" DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO PET RECICLADO PARA EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

CÓDIGO : INF. N° 006-2021/ING-CON-21-O-004/INGEOTECON-0160-21

SOLICITA : ROSSANA ARCE ESPINOZA

MUESTRA : MUESTRAS PROPORCIONADAS

FECHA : FEBRERO DEL 2021

REGIÓN : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

DISTRITO : AYACUCHO

LUGAR : AYACUCHO

N°	MUESTRA	LARGO (mm)								ANCHO (mm)								ALTURA (mm)				
		L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0						
1	PILA M-I	212.00	212.42	212.32	212.21	212.24	113.20	113.43	113.37	113.31	113.33	269.40	269.94	269.80	269.67	269.70						
2	PILA M-II	211.80	212.22	212.12	212.01	212.04	112.50	112.73	112.67	112.61	112.63	270.20	270.74	270.61	270.47	270.50						
3	PILA M-III	212.05	212.47	212.37	212.26	212.29	111.90	112.12	112.07	112.01	112.03	268.20	268.74	268.60	268.47	268.50						
4	PILA M-III	211.75	212.17	212.07	211.96	211.99	112.09	112.31	112.26	112.20	112.22	279.30	279.86	279.72	279.58	279.61						
<b>Promedio Dimensión (mm)</b>																						
		212.14																272.08				

A. H. Covadonga Mz P2 Lt 8 Ayacucho, Tel: 066 318325 RPM #999402095, RFC: 989900609, Correo: ingeotecvpq@hotmail.com, Web: www.ingetecon.com

  
**ING. YANET CUCHILLA MENDOZA**  
 CIP. N° 202986  
 JEFE DE LABORATORIO

	<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN PILAS (NTP 399.605, ASTM C1314)</b>	Código formato base:
		FOR.SIG.01.00
		Código del documento:
		FOR.OPE.A1.00

PROYECTO : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO PET RECICLADO PARA EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

CÓDIGO : INF. N° 006-2021/ING-CON-21-O-004/INGEOTECÓN-0160-21

REGIÓN : AYACUCHO

SOLICITA : ROSSANA ARCE ESPINOZA

PROVINCIA : HUAMANGA

MUESTRA : MUESTRAS PROPORCIONADAS

DISTRITO : AYACUCHO

FECHA : FEBRERO DEL 2021

LUGAR : AYACUCHO

TIEMPO DE ENSAYO : 28 DIAS

Nº	MUESTRA	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO DEL ESPECIM. (cm)	ALTURA DEL ESPECIM. (cm)	ESPESOR MORTERO (cm)	AREA BRUTA DEL ESPECIM. (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DIGITAL (kg)	ESBELTEZ	Factor de Corrección	RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN ENTERO (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA COREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )
1	PILA M-I	21.22	11.33	26.97	1.50	240.52	32,131	2.38	0.78	133.6	170.6
2	PILA M-II	21.20	11.26	27.05	1.50	238.81	31,584	2.40	0.79	132.3	168.2
3	PILA M-III	21.20	11.22	27.96	1.50	237.88	33,962	2.49	0.80	142.8	178.7
4	PILA M-III	21.20	11.22	27.96	1.50	237.88	32,827	2.49	0.80	138.0	172.7
Promedio f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) Corregida a los 28 días (1.15)											172.6
Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )											-
f <sub>m</sub> característico (kg/cm <sup>2</sup> )											172.6
Coeficiente de variación (%)											-

  
  
 ING. YANET CUCHILLA MENDOZA  
 CIP. N° 202986  
 JEFE DE LABORATORIO

	<b>VARIACIÓN DIMENSIONAL (NTP 399.613 Y NTP 339.604)</b>		Código formato base: FOR-SIG-01.00
			Código del documento FOR-OPE-85.00

PROYECTO : "9 GHI 8 C" DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO PET RECICLADO PARA EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

CÓDIGO : INF. N° 007-2021/ING-CON-21-O-004/INGEOTECON-0209-21

SOLICITA : ROSSANA ARCE ESPINOZA

MUESTRA : MUESTRAS PROPORCIONADAS

FECHA : MARZO DEL 2021

REGIÓN : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA


DISTRITO : AYACUCHO

LUGAR : AYACUCHO

N°	MUESTRA	LARGO (mm)						ANCHO (mm)						ALTURA (mm)					
		L1	L2	L3	L4	L0	A1	A2	A3	A4	A0	H1	H2	H3	H4	H0			
1	PILA M-I	212.00	212.00	213.00	213.40	212.60	112.60	112.50	112.40	112.00	112.38	267.50	266.30	266.10	267.30	266.80			
2	PILA M-II	212.40	211.80	212.20	212.60	212.25	112.50	113.00	112.20	112.60	112.58	264.80	265.80	266.60	266.00	265.80			
3	PILA M-III	211.40	211.80	211.50	212.00	211.68	111.00	111.60	112.00	111.40	111.50	266.60	267.50	267.50	267.00	267.15			
4	PILA M-IV	212.20	212.60	212.00	212.40	212.30	112.00	112.00	112.00	112.50	112.13	266.50	267.30	267.30	266.50	266.90			
5	PILA M-V	211.70	212.70	212.30	212.00	212.18	111.50	111.00	110.60	111.40	111.13	265.30	266.20	266.20	265.00	265.68			
6	PILA M-VI	212.60	211.30	212.40	211.00	211.83	111.60	111.40	111.60	111.40	111.50	267.00	266.70	266.70	266.80	266.80			
<b>Promedio Dimensión (mm)</b>																			
		212.20						111.40						266.47					

A. H. Covadonga Mz P2 Lt 8 Ayacucho. Tel: 066 318525 RPM #999402095, RPC: 989900609, Correo: ingeotecvpq@hotmail.com. Web: www.ingtecon.com

  
**ING. YANIS MENDOZA**  
 JEFE DE LABORATORIO

	<b>ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE EN PILAS (NTP 399.605, ASTM C1314)</b>	Código formato base
		FOR.SIG.01.00
		Código del documento
		FOR.OPE.A1.00

PROYECTO : "9GH 8-C DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON PLÁSTICO PET RECICLADO PARA EDIFICACIONES SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE AYACUCHO"

CÓDIGO : INF. N° 007-2021/ING-CON-21-O-004/INGEOTECON-0209-21

REGIÓN : AYACUCHO

SOLICITA : ROSSANA ARCE ESPINOZA

PROVINCIA : HUAMANGA

MUESTRA : MUESTRAS PROPORCIONADAS

DISTRITO : AYACUCHO

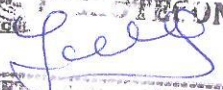
FECHA : MARZO DEL 2021

LUGAR : AYACUCHO

TIEMPO DE : 28 DIAS

ENSAYO

Nº	MUESTRA	LARGO ESPECIM. (cm)	ANCHO DEL ESPECIM. (cm)	ALTURA DEL ESPECIM. (cm)	ESPESOR MORTERO (cm)	ÁREA BRUTA DEL ESPECIM. (cm <sup>2</sup> )	LECTURA DIGITAL (kg)	ESBELTEZ	Factor de Corrección	RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN ENTERO (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA COREGIDA (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	PILA M-I	21.26	11.24	26.68	1.50	238.91	32,343	2.37	0.78	137.5	175.7
2	PILA M-II	21.23	11.26	26.58	1.50	238.94	38,081	2.36	0.78	159.4	204.2
3	PILA M-III	21.17	11.15	26.72	1.50	236.02	39,067	2.40	0.79	165.5	210.7
4	PILA M-IV	21.23	11.21	26.69	1.50	238.04	39,619	2.38	0.78	166.4	212.5
5	PILA M-V	21.22	11.11	26.57	1.50	235.78	35,154	2.29	0.78	149.1	190.0
6	PILA M-VI	21.18	11.15	26.68	1.50	236.18	38,747	2.39	0.78	164.1	209.0
Promedio fm (kg/cm <sup>2</sup> ) Corregida a los 28 días (1.15)											200.4
Desviación estándar (kg/cm <sup>2</sup> )											-
fm característico (kg/cm <sup>2</sup> )											200.4
Coeficiente de variación (%)											-

  
  
**ING. YANET C. DE LA MENDOZA**  
 JEFE DE LABORATORIO

**ANEXO**

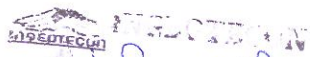

**PANEL FOTOGRAFICO**



  
ING. YANET CUCHILLA MENDOZA  
CIP. N° 202986  
JEFE DE LABORATORIO

VISTA DE ENSAYOS DE COMPRESION EN PILAS DE LADRILLO



  
  
ING. YANET CUCHILLA MENDOZA  
CIP. N° 202986  
JEFE DE LABORATORIO

VISTA DE ENSAYOS DE COMPRESION EN PILAS DE LADRILLO



**INGEOTECON**  
*[Signature]*  
ING. YANET CUCHILLA MENDOZA  
CIP. N° 202986  
JEFE DE LABORATORIO



UNSCH

FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### CONSTANCIA N° 006-2023-FIMGC

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 281-2022-FIMGC- UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

**Apellidos y Nombres** : ARCE ESPINOZA, Rossana  
**Escuela Profesional** : INGENIERÍA CIVIL  
**Título de la Tesis** : “Estudio de las propiedades físico – mecánicas de unidades de albañilería con plástico PET reciclado para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho”  
**Evaluación de la Originalidad** : 7 % Índice de Similitud  
**Identificador de la entrega** : 1994319558

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 17 de enero del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Firmado digitalmente  
por LEZAMA  
CUELLAR CHRISTIAN

**Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**

Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado

Con depósito para Sustentación y Tramites  
Cc. Archivo

# “Estudio de las propiedades físico – mecánicas de unidades de albañilería con plástico PET reciclado para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho”

*por* Rossana Arce Espinoza

---

**Fecha de entrega:** 17-ene-2023 02:47p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1994319558

**Nombre del archivo:** Tesis\_Rossana\_Arce\_Espinoza\_EPIC.pdf (9.98M)

**Total de palabras:** 30892

**Total de caracteres:** 159641

# “Estudio de las propiedades físico – mecánicas de unidades de albañilería con plástico PET reciclado para edificaciones sostenibles en la ciudad de Ayacucho”

## INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %

INDICE DE SIMILITUD

8 %

FUENTES DE INTERNET

1 %

PUBLICACIONES

4 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unj.edu.pe">repositorio.unj.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1 %
3	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
4	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1 %
5	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
6	<a href="http://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
7	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %

9	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	K Aswatama W, H Suyoso, N Meyfa U, P Tedy. "The Effect of Adding PET (Polyethylen Terephthalate) Plastic Waste on SCC (Self-Compacting Concrete) to Fresh Concrete Behavior and Mechanical Characteristics", Journal of Physics: Conference Series, 2018 Publicación	<1 %
11	<a href="https://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="https://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="https://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="https://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="https://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="https://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

---

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias      < 30 words