

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**“PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL LADRILLO  
ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO  
TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS – NUEVO  
CHIMBOTE – 2019”**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Alembert Hugo ABAL CÁCERES

Bach. Kevin Renzo MEDINA CASTRO

**Tesis para Obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil**

Nuevo Chimbote - Perú

2022

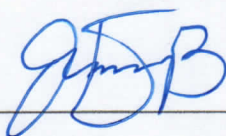
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO**

Yo, Abner Itamar León Bobadilla, mediante la presente dejo en constancia mi asesoramiento de la tesis titulada: **“Propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento adicionando polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos – Nuevo Chimbote – 2019”**, elaborado por los bachilleres **Alembert Hugo Abal Cáceres** y **Kevin Renzo Medina Castro**, para obtener el título profesional de **Ingeniero Civil**, en la Facultad de Ingeniería de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.



Dr. Abner Itamar León Bobadilla

Asesor

DNI: 32942184

CODIGO ORCID: 0000-0003-2949-6591

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

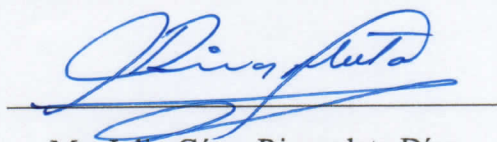


**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**CONFORMIDAD DE JURADO EVALUADOR**

**“Propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento adicionando polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos – Nuevo Chimbote – 2019”**

Revisado y aprobado por el Jurado evaluador:

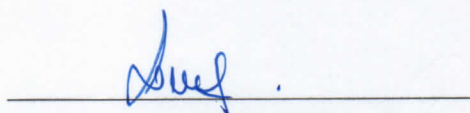


Ms. Julio César Rivasplata Díaz

Presidente

DNI: 32770844

COD. ORCID: 0000-0002-4180-9362

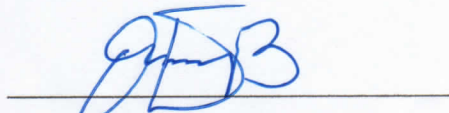


Ms. Luz Esther Álvarez Asto

Secretaria

DNI: 32968961

COD. ORCID: 0000-0001-9050-7611



Dr. Abner Itamar León Bobadilla

Integrante

DNI: 32942184

COD. ORCID: 0000-0003-2949-6591





**ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**

A los 25 días del mes de agosto del año dos mil veintidós, siendo las 11 horas de la mañana, en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 541-2021-UNS-CFI, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), y Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria), y en base a la Resolución Decanal N° 473-2022-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS – NUEVO CHIMBOTE - 2019", presentado por los Bachilleres ABAL CÁCERES ALEMBERT HUGO con cód. N° 201313023 y MEDINA CASTRO KEVIN RENZO con cód. N° 201313024, quienes fueron asesorados por el Dr. Abner Itamar León Bobadilla, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 165-2019-UNS-FI, de fecha 23.04.2019.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ABAL CÁCERES ALEMBERT HUGO	17	BUENO

Siendo las 12 de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 25 de agosto de 2022.

  
Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
Presidente

  
Ms. Luz Esther Álvarez Asto  
Secretaria

  
Dr. Abner Itamar León Bobadilla  
Integrante



ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 25 días del mes de agosto del año dos mil veintidós, siendo las 11 horas de la mañana, en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 541-2021-UNS-CFI, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), y Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria), y en base a la Resolución Decanal N° 473-2022-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS – NUEVO CHIMBOTE - 2019", presentado por los Bachilleres ABAL CÁCERES ALEMBERT HUGO con cód. N° 201313023 y MEDINA CASTRO KEVIN RENZO con cód. N° 201313024, quienes fueron asesorados por el Dr. Abner Itamar León Bobadilla, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 165-2019-UNS-FI, de fecha 23.04.2019.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
MEDINA CASTRO KEVIN RENZO	17	BUENO

Siendo las 12 de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 25 de agosto de 2022.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
Presidente

Ms. Luz Esther Álvarez Asto  
Secretaria

Dr. Abner Itamar León Bobadilla  
Integrante

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por darme la vida y la salud, por cuidarme y protegerme, por siempre guiar mi camino y nunca apartarse de mí.

### **A mis padres**

Por los valores inculcados y los consejos brindados, que me han hecho una persona de bien.

### **A mis hermanos**

Por siempre brindarme su apoyo incondicional.

Abal Cáceres Alembert Hugo

## DEDICATORIA

A Dios por haber guiado mi camino y permitirme cumplir mis sueños, así mismo por cuidarme y protegerme.

A mis padres por haberme apoyado en toda esta etapa y ser parte de cada paso y triunfo, por las enseñanzas, valores y palabras de aliento en los momentos más difíciles de esta etapa.

A mí hermanos, por ser esas personas en las que pienso cada mañana y me dan el impulso por seguir firme en mis metas.

Medina Castro Kevin Renzo

## **AGRADECIMIENTO**

La presente Investigación ha significado para nosotros un verdadero reto y como tal, entregamos una parte del esfuerzo de dos jóvenes a puertas de ingresar a la vida profesional.

Queremos agradecer a Dios, quién ha permitido guiar nuestros caminos para llegar hasta este punto de nuestras vidas, por darnos salud para enfrentar cualquier enfermedad que a la fecha el mundo vive.

En estas líneas queremos agradecer a cada docente de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Santa, con quiénes al momento de ingresar a las aulas, nos transportaban a otro mundo para encaminarnos en la búsqueda del conocimiento. En especial al ingeniero Abner León Bobadilla, nuestro asesor para esta investigación, quien ha entregado dedicación a cada etapa de la elaboración.

Durante el proceso hemos tenido diferentes puntos de vista, sin embargo, coincidimos en el agradecimiento especial a Betsy, quién nos ha apoyado desinteresadamente y ha estado con nosotros en cada paso de este largo camino.

Abal Cáceres Alembert Hugo

Medina Castro Kevin Renzo



## Índice general

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
I. INTRODUCCIÓN .....	18
1.1 Antecedentes del problema.....	18
1.2 Formulación del problema .....	21
1.2.1 Problema general.....	21
1.2.2 Problemas específicos:.....	22
1.3 Objetivos.....	22
1.3.1. Objetivo general .....	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	23
1.4 Justificación.....	23
1.5 Limitaciones del trabajo.....	25
1.6 Hipótesis de la investigación .....	26
II. MARCO TEÓRICO .....	28
2.1. Antecedentes de la investigación.....	28
2.1.1. Internacionales.....	28
2.1.2. Nacionales .....	29
2.2. Base teórica .....	32
2.2.1. Albañilería .....	32
2.2.2. Clasificación .....	32
2.2.3. Componentes .....	35
2.2.4. Propiedades Mecánicas. ....	46
2.2.5. Polietileno tereftalato (PET).....	55
2.2.6. Aditivos químicos.....	59
2.3. Definición de términos.....	64
2.4. Marco normativo.....	66
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	69
3.1. Tipo de investigación .....	69
3.2. Nivel de investigación.....	69

3.3. Unidad de análisis .....	69
3.4. Ubicación.....	69
3.5. Población y muestra .....	69
3.6. Variables.....	70
3.6.1. Variables independientes .....	70
3.6.2. Variables dependientes.....	70
3.6.3. Matriz de consistencia.....	71
3.6.4. Operacionalización de variables .....	73
3.7. Instrumentos .....	81
3.7.1. Metodología de análisis de los materiales para la elaboración de las unidades de albañilería .....	81
3.7.2. Metodología de análisis de las unidades de albañilería.....	83
3.7.3. Metodología de análisis de prismas: pilas y muretes .....	86
3.8. Procedimientos .....	87
3.8.1. Metodología de análisis de los materiales para la elaboración de las unidades de albañilería .....	87
3.8.2. Metodología de elaboración de las unidades de albañilería.....	95
3.8.3. Metodología de análisis de las unidades de albañilería.....	95
3.8.4. Metodología de análisis de prismas: pilas y muretes .....	104
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	109
4.1. Análisis e interpretación de resultados .....	109
4.1.1. Resultados del análisis de los materiales para la elaboración de las unidades de albañilería .....	109
4.1.2. Diagnóstico de las unidades de albañilería en Nuevo Chimbote.....	112
4.1.3. Resultados del diseño de las unidades de albañilería .....	114
4.1.4. Resultados del análisis de las unidades de albañilería .....	121
4.1.5. Resultados del análisis de prismas: pilas y muretes .....	130
4.1.6. Prueba de hipótesis.....	1306
4.2. Discusión .....	141
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	144
5.1. Conclusiones: .....	144
5.1. Recomendaciones:.....	145
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES .....	148
VII. ANEXOS .....	153

7.1. Anexo N° 01: Ensayo de materiales .....	153
7.1.1. Ensayos al agregado grueso (confitillo) .....	153
7.1.2. Ensayos al agregado fino (arena gruesa) .....	156
7.2. Anexo N° 02: Diseño de las unidades de albañilería .....	160
7.2.1. Determinación del ladrillo patrón .....	160
7.2.2. Ladrillo patrón con PET .....	161
7.2.3. Ladrillo con dosificación “A” y aditivo acelerante de fragua.....	162
7.2.4. Ladrillo con dosificación “A” y aditivo plastificante.....	163
7.3. Anexo N° 03: Ensayos clasificatorios y no clasificatorios .....	164
7.4. Anexo N° 04: Ensayos de pilas y muretes.....	176
7.5. Anexo N° 05: Panel Fotográfico.....	179

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Clase de Unidad de Albañilería para fines estructurales.</i> .....	38
<b>Tabla 2</b> <i>Limitaciones en el uso de la Unidad de Albañilería para fines estructurales.</i> ..	39
<b>Tabla 3</b> <i>Granulometría de la arena gruesa</i> .....	45
<b>Tabla 4</b> <i>Tipos de mortero</i> .....	46
<b>Tabla 5</b> <i>Factores de corrección altura/espesor para la resistencia en compresión de prismas de albañilería.</i> .....	51
<b>Tabla 6</b> <i>Datos técnicos del PET</i> .....	57
<b>Tabla 7</b> <i>Normas de aditivos.</i> .....	61
<b>Tabla 8</b> <i>Características de los aditivos según el tipo.</i> .....	64
<b>Tabla 9</b> <i>Cantidad de ladrillos de cemento</i> .....	70
<b>Tabla 10</b> <i>Matriz de consistencia</i> .....	71
<b>Tabla 11</b> <i>Operacionalización de variables</i> .....	73
<b>Tabla 12</b> <i>Análisis granulométrico del agregado grueso</i> .....	109
<b>Tabla 13</b> <i>Propiedades físicas del agregado grueso.</i> .....	110
<b>Tabla 14</b> <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i> .....	111
<b>Tabla 15</b> <i>Propiedades físicas del agregado fino</i> .....	112
<b>Tabla 16</b> <i>Resistencia a la compresión de ladrillos elaborados en Nuevo Chimbote</i> ...	112
<b>Tabla 17</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones 1, 2 y 3.</i> .....	114
<b>Tabla 18</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A, B y C.</i> ...	115
<b>Tabla 19</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo acelerante de fragua.</i> .....	117
<b>Tabla 20</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo plastificante.</i> .....	119
<b>Tabla 21</b> <i>Parámetros estadísticos</i> .....	122
<b>Tabla 22</b> <i>Probabilidad de ocurrencia</i> .....	123
<b>Tabla 23</b> <i>Ensayo de variación dimensional de ladrillo patrón y ladrillo modificado.</i>	123



<b>Tabla 24</b> <i>Ensayo de medición del alabeo en las unidades de albañilería: ladrillo patrón y ladrillo modificado.</i> .....	124
<b>Tabla 25</b> <i>Resultados de ensayos no clasificatorios.</i> .....	129
<b>Tabla 26</b> <i>Análisis de la comparación entre la resistencia a la compresión del ladrillo patrón frente al modificado.</i> .....	132
<b>Tabla 27</b> <i>Análisis comparativo de la resistencia a la compresión a 28 días del ladrillo patrón y el ladrillo modificado.</i> .....	132
<b>Tabla 28</b> <i>Comparación de Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones 1, 2 y 3.</i> .....	134
<b>Tabla 29</b> <i>Prueba de honestidad de Tukey</i> .....	134
<b>Tabla 30</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A, B y C.</i> ...	135
<b>Tabla 31</b> <i>Prueba de Honestidad de Tukey</i> .....	136
<b>Tabla 32</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo acelerante de fragua.</i> .....	137
<b>Tabla 33</b> <i>Prueba de Honestidad de Tukey</i> .....	137
<b>Tabla 34</b> <i>Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo plastificante</i> .....	138
<b>Tabla 35</b> <i>Prueba de honestidad de Tukey</i> .....	139
<b>Tabla 36</b> <i>Comparación entre la resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo acelerante de fragua frente a las dosificaciones A con aditivo plastificante</i> .....	140
<b>Tabla 37</b> <i>Análisis de la comparación entre la resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo acelerante de fragua frente a las dosificaciones A con aditivo plastificante.</i> .....	141

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Zonificación</i> .....	39
<b>Figura 2</b> <i>Medición de alabeo (concavidad y convexidad) en la unidad de albañilería.</i>	43
<b>Figura 3</b> <i>Construcción de prismas de albañilería</i> .....	48
<b>Figura 4</b> <i>Esquemas de modo de falla</i> .....	50
<b>Figura 5</b> <i>Tipo de fallas en murete de mampostería sujeto a compresión diagonal</i> .....	52
<b>Figura 6</b> <i>Equipo para ensayo de compresión diagonal en murete de albañilería.</i>	53
<b>Figura 7</b> <i>Escuadra de Carga</i> .....	54
<b>Figura 8</b> <i>Símbolo del PET</i> .....	59
<b>Figura 9</b> <i>Aportes de aditivos en el concreto</i> .....	63
<b>Figura 10</b> <i>Metodología de elaboración de ladrillos</i> .....	95
<b>Figura 11</b> <i>Curva granulométrica del agregado grueso</i> .....	110
<b>Figura 12</b> <i>Curva granulométrica del agregado fino.</i>	111
<b>Figura 13</b> <i>Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados en Nuevo Chimbote.</i>	112
<b>Figura 14</b> <i>Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones 1, 2 y 3.</i>	114
<b>Figura 15</b> <i>Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión a 28 días de las dosificaciones A, B y C.</i>	117
<b>Figura 16</b> <i>Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión a 28 días de las dosificaciones A con aditivo acelerante de fragua.</i>	118
<b>Figura 17</b> <i>Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión a 28 días de las dosificaciones A con aditivo plastificante.</i>	119
<b>Figura 18</b> <i>Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión a 28 días del ladrillo patrón y el ladrillo modificado.</i>	121
<b>Figura 19</b> <i>Curva de distribución normal</i> .....	122
<b>Figura 20</b> <i>Gráfico comparativo de la variación dimensional de los lados del ladrillo patrón y el ladrillo modificado.</i>	124
<b>Figura 21</b> <i>Gráfico comparativo de la medición del alabeo de los ladrillos patrón y modificado.</i>	125
<b>Figura 22</b> <i>Gráfico comparativo del contenido de humedad propio de los ladrillos patrón y modificado a partir de su estado natural.</i>	125
<b>Figura 23</b> <i>Gráfico comparativo de los resultados obtenidos del ensayo de succión a los ladrillos patrón y modificado.</i>	126

**Figura 24** *Gráfico comparativo de los resultados obtenidos del ensayo de absorción a los ladrillos patrón y modificado. ....127*

**Figura 25** *Gráfico comparativo de los resultados obtenidos del ensayo de absorción máxima a los ladrillos patrón y modificado. ....127*

**Figura 26** *Gráfico comparativo de los resultados de coeficiente de saturación de los ladrillos patrón y modificado. ....128*

**Figura 27** *Gráfico comparativo de los resultados obtenidos del ensayo de densidad a los ladrillos patrón y modificado. ....129*

**Figura 28** *Gráfico comparativo de la resistencia en compresión axial en prismas de albañilería realizados con ladrillo patrón y ladrillo modificado. ....130*

**Figura 29** *Gráfico comparativo de la resistencia característica de la albañilería al corte de ensayos de muretes a compresión diagonal realizados con ladrillo patrón y ladrillo modificado. ....131*

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Variación dimensional .....	42
Ecuación 2. Módulo de fineza.....	88
Ecuación 3. Peso específico de masa del agregado fino. ....	90
Ecuación 4. Absorción del agregado fino. ....	90
Ecuación 5. Peso específico de masa del agregado grueso. ....	91
Ecuación 6. Absorción del agregado grueso.....	92
Ecuación 7. Peso unitario de los agregados.....	93
Ecuación 8. Contenido de humedad.....	94
Ecuación 9. Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería .....	96
Ecuación 10. Variación dimensional .....	97
Ecuación 11. Contenido de humedad.....	98
Ecuación 12. Absorción .....	99
Ecuación 13. Absorción máxima .....	100
Ecuación 14. Succión. ....	101
Ecuación 15. Densidad de ladrillo .....	103
Ecuación 16. Coeficiente de Saturación .....	103



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en determinar las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento reutilizando polietileno tereftalato triturado y adicionando aditivos químicos: acelerante de fragua y plastificante. Para la investigación se realizaron tres dosificaciones para identificar la muestra patrón, obteniéndose para este 53.33 kg/cm<sup>2</sup>, en la cual a partir de ello se incorporó polietileno tereftalato triturado con dosificaciones de 20%, 40% y 55%, determinándose que con 20% la resistencia disminuye a 47.67 kg/cm<sup>2</sup>. Luego, se estudiaron estos tipos de ladrillos con 20% de PET triturado, incorporándole aditivos químicos en porcentajes basados en los antecedentes estudiados. Se adicionó aditivo acelerante de fragua en porcentajes de 2%, 4% y 6% y aditivo plastificante en 3%, 5% y 7%. Luego de someter estas nuevas unidades de ladrillos a ensayos de compresión axial, se llegó a la conclusión que al añadir el 5% de aditivo plastificante al ladrillo con 20% de polietileno tereftalato triturado, esto mejora la resistencia a la compresión del ladrillo, obteniéndose 63.54 kg/cm<sup>2</sup>; sin embargo, varía en desventaja las propiedades de los ensayos no clasificatorios del mismo.

*Palabras clave:* polietileno tereftalato triturado, aditivos químicos.

### ABSTRACT

The present research work consisted in determining the physical-mechanical properties of the artisanal cement brick reusing crushed polyethylene terephthalate and adding chemical additives: forge accelerator and plasticizer. For the investigation, three dosages were made to identify the standard sample, obtaining for this 53.33 kg/cm<sup>2</sup>, in which crushed polyethylene terephthalate was incorporated with dosages of 20%, 40% and 55%, determining that with 20% the resistance decreases to 47.67 kg/cm<sup>2</sup>. Then, these types of bricks with 20% terephthalate were studied, incorporating chemical additives in percentages based on the background studied. Setting accelerating additive was added in percentages of 2%, 4% and 6% and plasticizer additive in 3%, 5% and 7%. After submitting these new brick units to axial compression tests, it was concluded that by adding 5% plasticizer additive to the brick with 20% crushed polyethylene terephthalate, this improves the compressive strength of the brick, obtaining 63.54 kg/cm<sup>2</sup>; however, the properties of the non-classifying tests of the same vary in disadvantage.

*Keywords:* crushed polyethylene terephthalate, chemical additives.

# CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes del problema

La población Neo Chimbotana en su mayoría, recurre al sistema de construcción convencional debido a los bajos recursos, producto de ello emplean materiales de construcción que sin la garantía necesarias de calidad.

El sistema estructural que más emplean es la albañilería confinada, en ésta predominan los muros de ladrillos (arcilla o cemento), y la unidad de albañilería mayormente usada es el ladrillo artesanal de cemento, debido a su bajo costo y fácil adquisición.

El mundo viene siendo cambiante, donde la contaminación ambiental ha sido el enemigo invisible más letal, causando efectos que a lo largo de la historia serán irreversibles. Varios son las causas de esta contaminación y una de ellas es el excesivo uso de plástico en sus diferentes formas, como el polietileno tereftalato (plástico PET). El PET es un tipo de plástico que se usa mayormente para la fabricación de envases de bebidas, éstos abundan en nuestros alrededores y llega a convertirse en un agente contaminante del medio ambiente debido a que no se elimina fácilmente por sí mismo, tarda de 100 a 1000 años en degradarse. Ante el incremento de estos desechos se han realizado diversas investigaciones con la finalidad de darle un uso apropiado. Los más resaltantes son las que fueron aplicadas al concreto y al ladrillo de cemento, de las cuales se llega a apreciar que bajo cierto porcentaje de adición de PET estos elementos constructivos llegan a comportarse de manera similar a uno realizado convencionalmente incorporándolo dentro las unidades de albañilería, lo que nos permitirá considerarla como alternativa de construcción si la hipótesis planteada se llega a cumplir.



Pastor et al. (2015) realizaron una investigación titulada: “Diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico reciclado” para la Universidad de Piura, aquí se logra conocer, cómo es la producción de adoquines, a base de plástico reciclado, en este caso, sustituyó a la arena que es un componente de dicho material, y se demostró que el usar el plástico en remplazo de ese material, no afecta en gran medida el desempeño del adoquín. Logrando cumplir su objetivo de generar dichos conocimientos, y remplazar dicho material, así mismo, contribuir con la reducción del uso de elementos contaminantes con el medio ambiente. Es así que, con el apoyo de la empresa DINO, se logró ejecutar dichos procedimientos, adaptados a la realidad de la empresa, siendo este punto clave para el cumplimiento de los objetivos establecidos, respecto a los costos de producción, llegándose a conocer que, en este ámbito, también es factible la reutilización en el ámbito de la construcción.

Así mismo Flores et al. (2020) en su investigación titulada: “Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas” realizada para la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca de Bolivia y publicada para la Revista de Ingeniería Civil, se conoce la problemática de dicho país y el desperdicio de los residuos sólidos, es por ello que se vio la posibilidad de comprobar si es posible el uso de plásticos PET (Tereftalato de Polietileno) en materiales de construcción como ladrillos, como una opción amigable con el medio ambiente. Se optó por los plásticos más comunes y contaminantes además de PET, se usó el BOPP (Polipropileno biorientado) y PVC (Policloruro de vinilo). En esta investigación se tocaron los puntos de dosificaciones, descripciones de metodologías experimentales, aspecto económico. Así mismo se conocieron los problemas de homogeneidad, debido a que los productos no fueron bien triturados,

los cuales son manejables. Es por ello que resulta una alternativa óptima, que es amigable con el medio ambiente y la sociedad.

Siendo esta innovación en el mundo de la construcción algo que resulta factible en diferentes aspectos, como solución la problemática ambiental y el aporte del ser humano, tomó valor para diversas investigaciones debido a que resulta novedoso conocer un ladrillo, con dichas características.

Es por ello que Ortiz-Castellanos et al (2020) realizaron un artículo de investigación titulado: “Análisis comparativo del desempeño de los ladrillos tradicionales frente a ladrillos PET” para la Revista Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, en se analizó la problemática global, ante el uso de los residuos sólidos, y su efecto en la contaminación ambiental, y posterior a ello se realizó una comparación entre los ladrillos convencionales, y los ladrillos PET, siendo el ladrillo realizado con plásticos reciclados, una óptima metodología e innovación en el mundo de los materiales de construcción, ya que si hablamos técnicamente, presenta un peso menor al convencional, pero con la resistencia suficiente para cumplir con la norma, y trabajar de manera adecuada dentro de la construcción. Es así que en esta investigación se explica el proceso de elaboración, desde el plástico, hasta obtener el material de construcción. Determinando que no solo pueden ser utilizados, para ayudar al medio ambiente, si no que a su vez tiene un efecto positivo en el diseño estructural en las construcciones, aporta un aislamiento térmico cinco veces mejor al del ladrillo convencional, aportando de manera adecuado en la arquitectura de la actualidad.

En tal sentido, esta investigación está enfocada en mejorar las propiedades del ladrillo de cemento añadiéndole polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos; de la

gran variedad que existen emplearemos dos tipos, los cuales son: acelerante de fragua y reductor de agua.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema general

El ladrillo de cemento elaborado de manera artesanal está siendo muy usado en nuestra localidad debido a que en la mayoría de construcciones el sistema estructural más empleado es la albañilería confinada, su fácil adquisición y bajo costo hace que sea la de mayor demanda; sin embargo se ha observado que estas unidades fabricadas en las ladrilleras artesanales de Nuevo Chimbote a base de cemento y agregados pétreos, no prestan las garantías mínimas a los requisitos establecidos en la normativa peruana. Se han realizado investigaciones relacionado a este elemento constructivo incorporándole otros insumos en porcentajes razonables, con el objetivo de mejorar sus propiedades y además que se ajuste a lo indicado en la normativa.

El consumo desmedido del polietileno tereftalato (PET), mayormente usado en la fabricación de botellas de plástico; la falta de educación ambiental y el tiempo que demora en degradarse ha conllevado a que el medio ambiente se vea contaminado en proporciones muy grandes. Desde años anteriores se ha incentivado el reciclaje mediante diversas campañas como medida de mitigación de la contaminación ambiental, en algunos países se ha limitado su consumo con el objetivo de mejorar el planeta, sin embargo, en nuestro país esto recién se está implementando. Como otra medida de mitigación, se ha empleado el PET en la fabricación de ladrillos de cemento, demostrando que ante cierto porcentaje de adición el ladrillo tiene un comportamiento similar a un ladrillo común de cemento.

Por otro lado, hoy en día el uso de aditivos químicos empleados en el concreto ha demostrado que mejoran sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido, dependiendo del tipo que se use y la cantidad de adición adecuada. Frente a ello, surge la idea de emplear dos tipos de aditivos químicos: acelerante de fragua y reductor de agua, junto con el polietileno tereftalato triturado con la finalidad de obtener un ladrillo ecológico con mejores propiedades que un ladrillo común.

Ante ello la pregunta es:

¿La adición de polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos en la fabricación de ladrillos de cemento en Nuevo Chimbote, mejorará sus propiedades físico-mecánicas?

### **1.2.2 Problemas específicos:**

- ¿Cuál es la calidad de los ladrillos artesanales de cemento fabricados en Nuevo Chimbote?
- ¿Cuánto es la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento al adicionarle un porcentaje establecido de polietileno tereftalato triturado?
- ¿Cuánto es la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado al adicionarle aditivo acelerante de fragua?
- ¿Cuánto es la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado al adicionarle aditivo reductor de agua?
- ¿Cuáles son las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado al adicionarle el aditivo óptimo?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Explicar la influencia de los aditivos químicos y el polietileno tereftalato triturado en la fabricación de ladrillos artesanales de cemento.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar los ladrillos artesanales de cemento fabricados en la ciudad de Nuevo Chimbote.
- Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento adicionando un porcentaje establecido de polietileno tereftalato triturado.
- Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado adicionando aditivo acelerante de fragua.
- Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado adicionando aditivo reductor de agua.
- Determinar las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado incorporando el aditivo óptimo.

### 1.4 Justificación

- Justificación Social: Chimbote es una de las ciudades que más basura genera en nuestra región, y de las que menos aprovecha los residuos sólidos que son arrojados. Esto es producto de que la sociedad no ha creado cultura respecto al reciclaje de dichos residuos, tal es el caso que en Nuevo Chimbote se llega a recoger un aproximado de 500 toneladas para arriba (SPDA Actualidad Ambiental, 2017), la cual no es aprovechada. Según el Ministerio de Salud, los peruanos generamos 21 mil toneladas de basura al día, del cual la mitad, resulta ser inorgánico, y el resto puede ser reutilizable, pero en su mayoría no se da ese uso. Por lo tanto, la reutilización del plástico sería una de las mejores opciones para utilizar dichos residuos. Debido a su versatilidad, fácil manejo y características físicas y químicas, vendría a ser una gran opción para que pueda ser empleado en la construcción, siendo la materia prima para la

elaboración de materiales claves, como el ladrillo que, en conjunto con aditivos, desempeñarían un buen rol, que favorece a la sociedad y el entorno en el que se encuentra.

- **Justificación Ambiental:** La sociedad y la explotación que ejercen sobre los recursos naturales, han generado un impacto negativo en el medio ambiente. Un gran porcentaje de éste, es generado por la elaboración de materiales de construcción. Para proporcionar nuevas soluciones a esta problemática, se ha elegido este tema, para indagar y dar a conocer acerca de un material de construcción elaborado con un porcentaje de plástico reciclado, en este caso se puso hincapié en el ladrillo, ya que es uno de los materiales más empleados en el mundo de la construcción de viviendas. Brindando un beneficio a la sociedad, ya que ofrece una alternativa de solución a la alta contaminación ambiental, que son producidos por los residuos sólidos, como lo son los plásticos, que demoran más de 500 años en biodegradarse. Es por ello que este aporte será muy importante, ya que esta investigación y los conocimientos que nos brindará respecto a la reutilización de dichos materiales, para la creación de otros materiales de construcción, nos brinda un gran ahorro energético y económico.
- **Justificación Económica:** El implementar dichos conocimientos respecto a la implementación del Polietileno tereftalato, permite que se conozca las características de dicho material, y su implementación en la construcción, que al llevarse a cabo trae consigo en el plano económico, el ahorro en los hogares, puesto que el plástico reciclado genera que muchos productos obtengan un precio final, menor que el de los convencionales.

- Justificación Técnica: La presente investigación se enfocará en explicar la influencia de los aditivos químicos (acelerante de fragua y reductor de agua) y el polietileno tereftalato triturado en los ladrillos artesanales de cemento, puesto que existe escasa información en cuanto al uso de aditivos químicos en ladrillos de cemento, y de otra parte se pretende reducir los índices de contaminación ambiental derivados de los desechos plásticos, especialmente las botellas de plástico (Polietileno tereftalato), incorporándolos en la elaboración de estos ladrillos. En base a ello la presente investigación aportará nuevos conocimientos en el área de la albañilería que servirá de base para futuros estudios relacionados a este tema.

Es por ello que, de manera general, la investigación resuelve dos problemas importantes, uno es el deterioro de nuestro ecosistema producido por el desecho de botellas plásticas y, dos, la poca calidad de los ladrillos de cemento producidos artesanalmente. Es por ello que se realiza esta investigación, porque busca mejorar la calidad de los ladrillos artesanal de cemento empleando aditivos químicos y a la vez reducir, de alguna manera, los índices de contaminación que generan las botellas plásticas.

### **1.5 Limitaciones del trabajo**

- Limitaciones sociales: El mundo viene cursando uno de sus momentos más complicados causados por la pandemia COVID-19. Este virus ha causado la muerte de muchas personas y por tal motivo el Perú debió restringir algunas libertades con la finalidad de resguardar la salud.
- Limitaciones técnicas: El difícil acceso a documentos de información confiables y de carácter científico. La mayoría de las investigaciones locales se encuentran



en bibliotecas especializadas las cuales en la ciudad de Nuevo Chimbote no se cuenta, es por ello que se decide ir en busca de alguna de ellas.

Los equipos de laboratorio requieren de cierto cuidado constante, sin embargo, no siempre se obtuvo la disponibilidad de los equipos en buen estado, obligando la situación a buscar en otros lugares los equipos necesarios para los ensayos requeridos.

- Limitaciones económicas: la enfermedad Covid-19 la cual provocó una pandemia y que aún no se ha extinguido y estamos en constante lucha por las mutaciones que se originan, ha hecho que la población se alarme frente a los confinamientos que ordenaban nuestras autoridades y todo ello trajo escasez y por consiguiente un aumento de precios en los productos de la canasta básica y asimismo el alza de pasaje debido al incremento exorbitante del precio del combustible. La guerra que se ha desatado entre Rusia y Ucrania ha desencadenado una serie de crisis económica (en su mayoría) trayendo consigo mayor escasez y por ende aumento de precios en todos los ámbitos.

## **1.6 Hipótesis de la investigación**

Si se adiciona polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos en la elaboración de ladrillo artesanal de cemento entonces mejorará sus propiedades físico-mecánicas.

# CAPÍTULO II

# MARCO TEÓRICO

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Internacionales

Angumba (2016) en su tesis para grado de Magister en Construcciones titulada “Ladrillos Elaborados con Plástico Reciclado (PET), para Mampostería no Portante” de la Universidad de Cuenca (Ecuador) realizó esta investigación con el objetivo principal: Fabricación de ladrillo con plástico reciclado, para la elaboración de muros no portantes en edificaciones. El método que empleó fue Experimental. Dentro de su planteamiento del problema indica que “Uno de los grandes problemas que se plantea dentro de la sociedad cuencana es el desconocimiento sobre nuevos materiales para la construcción de viviendas, ya que concibe al hormigón, ladrillo cerámico y teja como la única solución para construcción de viviendas, pese a sus elevados costos”. Su principal resultado fue que los ladrillos con dosificación 1:2 (cemento-arena) + 25% de adición de PET tienen una mejor resistencia a la compresión llegando a obtener una resistencia promedio de 284.60 kg/cm<sup>2</sup> (27.90 MPa) y superando la resistencia mínima para ladrillo cerámico del tipo Macizo tipo A exigida por la NTE INEN 0297 la cual debe ser 25 MPa en promedio. Como conclusión general sostuvo que la investigación se convertirá en una alternativa para la reutilización de RSU (Residuos Sólidos Urbanos), contribuyendo con el medio ambiente creando materiales de construcción más amigables con el medio ambiente.

Martínez y Cote (2014) en su artículo de investigación científica titulada “Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET” de la Universidad de Santander (Colombia), tuvieron como objetivo la utilización de PET en forma de escamas y cemento para fabricar ladrillos comerciales de dimensiones 23x10x4 (cm). El método que empleó fue Experimental. Como resultado más resaltante se tiene que el ladrillo que presentó mejores prestaciones es la muestra que contuvo 50% de

cemento y 50% de PET, ya que en el ensayo de resistencia a la compresión soportó un peso máximo de 5600 kgf y comparado con el ladrillo comercial n°15 y el ladrillo macizo que soportaron 4480 kgf y 2080 kgf respectivamente, se observa que el ladrillo con 50% de PET soportó más peso que los demás en el Ensayo de Resistencia a la Compresión. Esta propiedad del aumento de la resistencia obedece al incremento del límite plástico del PET en el material sumado a la forma en escamas, lo cual aumenta las propiedades mecánicas del ladrillo. Como conclusión general, los autores sostuvieron que se llegó a diseñar y construir un producto que cuenta con excelentes propiedades mecánicas, de fácil fabricación y que puede llegar a competir con los ladrillos comerciales que se utiliza en la construcción.

### **2.1.2. Nacionales**

Morales (2016) en su tesis de pregrado titulado “Estudio del comportamiento del concreto incorporando PET reciclado” de la Universidad Nacional de Ingeniería (Lima) tuvo como objetivo principal determinar la variación de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido sustituyendo parcialmente el agregado grueso por PET reciclado. Para su investigación utilizó un procedimiento para diseñar la mezcla de concreto teniendo como base las tablas del comité ACI-211 y la metodología del agregado global. Elaboró muestras de concreto (probetas) añadiendo porcentajes de PET reciclado triturado, los cuales fueron del 5%, 10% y 15%, y un concreto patrón con 0% de PET. Como resultado más resaltante se tuvo que para una relación agua/cemento de 0.60 el ensayo a la resistencia a la compresión axial a los 28 días del concreto patrón fue de 291.58 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que para el concreto con adición de PET del 5%, 10% y 15% fueron de 206.34 kg/cm<sup>2</sup>, 174.43 kg/cm<sup>2</sup> y 87.56 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. La conclusión que hizo el investigador relacionado al resultado presentado fue que las resistencias a la compresión de las muestras con 5%

y 10% PET reciclado son suficientes para cumplir su función en la construcción de elementos no estructurales tales como columnetas, veredas, tabiques, cimientos, sobrecimiento y rellenos.

Echeverría (2017), en su tesis de pregrado titulada “Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado” de la Universidad Nacional de Cajamarca, tuvo como objetivo general determinar las propiedades físico mecánicas del ladrillo de concreto con plástico PET reciclado que considera la norma técnica E.070-Albañilería. El tipo de investigación empleada fue Explicativa y el diseño de investigación fue Experimental. De los resultados que obtuvo la investigadora sobre las propiedades físico mecánicas del ladrillo, la más resaltante fue respecto a la Resistencia a la compresión en donde para el ladrillo con 0% de adición de PET (LC PET 0%) tuvo una resistencia promedio de 161.96 kg/cm<sup>2</sup> mientras que los ladrillos LC PET 3%, LC PET 6% y LC PET 9%, resistieron 127.08, 118.80 y 110.46 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Como conclusión general sostuvieron que las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillo de concreto – PET (3%, 6%, 9% PET) en lo que respecta a variación dimensional, contenido de humedad, porcentaje de vacíos y alabeo no varía sustancialmente comparado con el ladrillo patrón (0% PET), pues dichas características están relacionadas con la geometría, proceso de fabricación y condiciones de almacenamiento.

Baca y Boy (2015) en su tesis de pregrado “Influencia del porcentaje y tipo de acelerante, sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de un concreto de rápido fraguado” de la Universidad Nacional de Trujillo, tuvieron como objetivo evaluar y explicar cómo influye el porcentaje y el tipo de aditivo acelerante sobre la resistencia a la compresión en la elaboración de un concreto de rápido fraguado. El diseño de investigación que emplearon fue Experimental. Su universo objetivo fue Concreto Convencional, mientras que su Universo Muestral fue el concreto elaborado

con cemento Pacasmayo ICo, aditivos acelerantes SIKA 3 y CHEMA 3, agregado fino, agregado grueso y agua. Su muestra fue de 60 probetas cilíndricas. Las probetas de concreto fueron ensayadas a los 7 días de curado, para el aditivo SIKA 3 el máximo valor de resistencia a la compresión fue de 209.3 kg/cm<sup>2</sup> con un porcentaje de adición del 4%, mientras que para el aditivo CHEMA 3 la máxima resistencia obtenida fue de 205.8 kg/cm<sup>2</sup> para el mismo porcentaje de adición. Como conclusión general se determinó que ambos aditivos influyen incrementado la resistencia a la compresión logrando alcanzar la resistencia máxima cuando el concreto presenta 4% de aditivo, y que a su vez el Sika 3 es el que presenta mejores propiedades en el concreto.

Jara y Palacios (2015) en su tesis de pregrado titulado “Utilización de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de ladrillos de concreto” de la Universidad Nacional del Santa (Nuevo Chimbote) tuvieron como objetivo “elaborar ladrillos de concreto mediante la sustitución porcentual del cemento Portland, por un desecho agroindustrial como la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA), que le proporcione mejores propiedades mecánicas a estas unidades”. El tipo de investigación que emplearon fue Experimental. De los resultados obtenidos se tiene que a mayor porcentaje de CBCA la resistencia a la compresión de las muestras disminuye. Para las muestras con 10%, 20% y 30% se obtuvieron resistencias de 50.54 kg/cm<sup>2</sup>, 38.73 kg/cm<sup>2</sup> y 35.65 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, mientras que la muestra patrón obtuvo 54.55 kg/cm<sup>2</sup>, esto implica que el ladrillo con 10% de sustitución se comporta similar a la muestra patrón, cumpliendo con la normativa que exige una resistencia mínima. Los investigadores concluyeron que los resultados que obtuvieron demuestran que la sustitución del cemento Portland por los diferentes porcentajes de CBCA utilizados (10%, 20% y 30%) no son los ideales para mejorar las propiedades mecánicas de los ladrillos de

concreto, pero obtuvieron resultados similares a las unidades patrón con el uso de 10% de CBCA.

## **2.2.Base teórica**

### **2.2.1. Albañilería**

Albañilería o también llamada mampostería, se establece como el material estructural, que resulta de la superposición de ladrillos o unidades de albañilería entre sí, asentadas o apiladas con diferentes adherentes como mortero o concreto líquido (Norma Técnica E-070, 2006).

### **2.2.2. Clasificación**

La albañilería se clasifica en dos tipos las cuales son:

#### **2.2.2.1. Clasificación por su función estructural**

Los muros son diferenciados de acuerdo a su función estructural debido a las cargas que este pueda cargar. Los muros No Portantes son los que no soportan de manera vertical alguna carga, estos son utilizados para perímetros, cercos u otras funciones sin carga. Estos muros deben solo tener en cuenta el diseño para fuerzas perpendiculares a su plano, ya sea viento, sismo u otras cargas en tal dirección (San Bartolomé, 1994).

Los Muros Portantes, son elementos que reciben las cargas verticales de los niveles superiores, estos van a ser diseñados para transmitir las cargas horizontales y verticales hasta la cimentación. Son los que se emplean como elementos estructurales y deben tener continuidad en una edificación (Norma Técnica E-070, 2006).

Los muros portantes requieren de unidades de albañilería diferentes a la tubular, ya que estas no garantizan la solidez necesaria para soportar grandes cargas.



### 2.2.2.2. Clasificación por la distribución del refuerzo

Según San Bartolomé (1994) los muros se clasifican en muros no reforzados y muros reforzados (muros armados, muros laminares y albañilería confinada).

#### - Muros no reforzados

Se les denomina así a los muros que carecen de refuerzo (albañilería simple); o que si los tienen no cumplen con las especificaciones que exige la Norma Técnica de Edificación E-070 para muros reforzados (San Bartolomé, 1994).

#### - Muros reforzados

##### a) Muros armados

“Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos” (Norma Técnica E-070, 2006, p.2).

Estos muros requieren de la fabricación de unidades especiales, con alveolos donde se pueda colocar el refuerzo vertical; en tanto que, dependiendo del diámetro del refuerzo horizontal, este se coloca en los canales de la unidad (cuando el diámetro es mayor que  $\frac{1}{4}$ ”), o en la junta horizontal (cuando el diámetro es menor o igual que  $\frac{1}{4}$ ”).  
(San Bartolomé, 1994, p.8)

## **b) Muros laminares (“Sandwich”)**

Este muro está constituido por una placa delgada de concreto (dependiendo del espesor, 1 a 4 pulgadas, se usa grout o concreto normal) reforzado con una malla de acero central, y por 2 muros de albañilería simple que sirven como encofrados de la placa. Debido a la adherencia que se genera entre el concreto y los muros de albañilería, así como por el refuerzo transversal que se emplea para la conexión de los dos muros, se logra una integración de todo el sistema. (San Bartolomé, 1994, p.11)

## **c) Albañilería confinada**

“Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel” (Norma Técnica E-070, 2006, p.2).

El pórtico de concreto armado, que rodea al muro, sirve principalmente para ductilizar al sistema; esto es, para otorgarle capacidad de deformación inelástica, incrementando muy levemente su resistencia, por el hecho de que la viga ("solera", "viga collar", "collarín" o "viga ciega") y las columnas son elementos de dimensiones pequeñas y con escaso refuerzo. Adicionalmente, el pórtico funciona como elemento de arriostre cuando la albañilería

se ve sujeta a acciones perpendiculares a su plano. (San Bartolomé, 1994, p.12)

### **2.2.3. Componentes**

Tal y como se mencionó líneas arriba, para conseguir albañilería o mampostería se requiere de diversos componentes, sin embargo, para esta investigación solo se consideró y utilizó unidades de albañilería y mortero:

#### **2.2.3.1. Unidad de albañilería:**

##### **2.2.3.1.1. Definición:**

Las unidades de albañilería están reglamentadas por la Norma E.070 (2006) del título III del Reglamento Nacional de Edificaciones, el cual denomina a los ladrillos, como unidades manipulables con una sola mano y las que requieren de más de una, se les denomina bloques. Estas unidades pueden estar elaboradas de arcilla o concreto, como material principal.

Estas unidades están clasificadas por su estructura y forma de preparación. Por su estructura pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares; por su fabricación estas pueden ser industriales o de manera artesanal (Norma Técnica E-070, 2006).

De acuerdo a lo estipulado en la Norma Técnica E-070 (2006), las unidades deberán alcanzar su máxima resistencia específica y estabilidad volumétrica a los 28 días, plazo mínimo para poder ser utilizadas en alguna construcción, todo ello luego de pasar los procedimientos necesarios.

### 2.2.3.1.2. Clasificación:

Las unidades de albañilería están clasificadas por su dimensión, por su proceso de fabricación, por su materia prima, por su estructura alveolar, y por sus fines estructurales.

#### a) Por sus dimensiones:

**Ladrillos**, según Gallegos y Casabonne (2005), “Se caracterizan por tener dimensiones -particularmente el ancho- y pesos que los hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado” (p. 75). Existen múltiples dimensiones en el mercado debido a la cantidad de oferta, sin embargo, entre sus dimensiones más comunes están las que oscilan en un ancho de 11 a 14cm, de largo entre 23 y 29cm y altura entre 6 a 9cm; con un peso de entre 3 a 6kg.

**Bloques**, según Gallegos y Casabonne (2005), “Están hechos para manipularse con las dos manos, lo que ha determinado que en su elaboración se haya tomado en cuenta el que puedan pesar hasta unos quince kilos” (p. 76). Estas unidades presentan en el mercado dimensiones variadas dependiendo el elemento donde se requiera utilizar y entre otros fines que el usuario requiera. Por lo general, requieren de concreto líquido para su proceso de asentamiento.

#### b) Por su fabricación:

**Los artesanales:** este tipo de unidades son elaboradas por personas con conocimientos empíricos, los cuales han ido adquiriendo a lo largo del tiempo por experiencia con otras generaciones. Estas unidades son elaboradas en espacios abiertos y con herramientas

al alcance de cualquier usuario. Son las más compradas por las construcciones informales y sin asesoramiento profesional.

**Las industriales:** son las unidades elaboradas en lugares especializados, bajo procedimientos establecidos y normados. Estas condiciones mejoran la calidad de las unidades, certificando la calidad de este y el cumplimiento con la normativa. Debido a su proceso de fabricación, los equipos y herramientas que este requiere, su precio es mayor al anterior descrito.

**c) Por su materia prima:**

Se clasifican por: unidades de arcilla, silico-calcáreas y de concreto.

**d) Por su estructura alveolar:**

**Sólidas o macizas**, según San Bartolomé (1994) “Son las que no tienen huecos, o en todo caso, presentan alveolos o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que cubren un área no mayor al 25% del área de la sección bruta” (p. 105).

“Las unidades sólidas no solo son aquellas que no tienen alveolos, sino que son también aquellas que los tienen hasta un límite determinado” (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 83).

**Alveolares**, son aquellas unidades de albañilería con celdas o alveolos de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical que son requeridas para la construcción de muros armados (Norma Técnica E-070, 2006).

**Huecas**, “El área alveolar excede el 30% del área bruta y los alveolos tienen dimensiones tales que pueden llenarse con concreto líquido” (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 83).

**Tubulares**, “Son las que tienen sus alveolos o perforaciones dispuestos en forma paralela a la superficie de asiento, en este tipo clasifican los ladrillos panderetas, utilizados en los tabiques” (San Bartolomé, 1994, p. 105).

**e) Por sus fines estructurales:**

Para fines estructurales, las unidades de albañilería tendrán que someterse a los ensayos y características establecidas en la tabla siguiente, de acuerdo a la Norma Técnica E.070 del RNE:

**Tabla 1**

*Clase de Unidad de Albañilería para fines estructurales.*

Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentajes)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia a compresión $f'_b$ mínimo en MPa (Kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Mas de 100mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	3.18	3.11
Ladrillo II	±7	±6	±4	0.10	0.20
Ladrillo III	±5	±4	±3	4.71	2.58
Ladrillo IV	±4	±3	±2	3.400	3.400
Ladrillo V	±3	±2	±1	5.35	5.22
Bloque P <sup>1</sup>	±4	±3	±2	0.01	(0.01)
Bloque NP <sup>1</sup>	±7	±6	±4	3hr 15'	2hr 15'

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

Fuente. Norma Técnica E-070 (2006)

**f) Limitaciones en su aplicación:**

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la siguiente tabla, donde las zonas sísmicas están indicadas en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

**Tabla 2**
*Limitaciones en el uso de la Unidad de Albañilería para fines estructurales.*

Tipo	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Solido Artesanal*	No	Si, hasta dos pisos	Si
Solido Industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Sí Celdas totalmente.	Sí Celdas parcialmente.	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout.
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	5.22
Bloque P <sup>1</sup>	±4	±3	(0.01)
Bloque NP <sup>1</sup>	±7	±6	2hr 15'

\*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente. Norma Técnica E-070 (2006)

**Figura 1.**  
 Zonificación


Fuente. Norma Técnica E-030 (2019)



### 2.2.3.1.3. Propiedades físico – mecánicas:

Las unidades de albañilería deben tener características aceptables para poder garantizar la resistencia de estas en edificaciones. Según Gallegos y Casabonne (2005):

Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería. En ese contexto, las principales propiedades relacionadas con la resistencia estructural son:

- a. Resistencia a la comprensión.
- b. Resistencia a la tracción, medida como resistencia a la tracción indirecta o a la tracción por flexión.
- c. Variabilidad Dimensional con relación a la unidad nominal, o, mejor, con relación a la unidad promedio y, principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad.
- d. Alabeos, medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento.
- e. Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento.
- f. Textura de la cara de asiento.

Asimismo, las principales propiedades relacionadas con la durabilidad son:

- a. Resistencia a la compresión
- b. Absorción
- c. Absorción máxima
- d. Coeficiente de saturación (p. 109).

#### 2.2.3.1.4. Ensayos:

##### A. Ensayos Clasificatorios:

Se denomina así debido a que clasifica a la unidad de albañilería para fines estructurales de acuerdo con la Tabla 1.

De esta manera y teniendo en consideración la Norma Técnica E-070 (2006) en su apartado 5.4 PRUEBAS del artículo 5. UNIDAD DE ALBAÑILERIA, se debe elaborar el muestreo a pie de obra, tomando 10 unidades de albañilería al azar por cada 50 millares; la mitad (05) se someterán a ensayos a compresión y la otra mitad (05) al ensayo de absorción.

##### A.1. Variación Dimensional: Según Gallegos y Casabonne (2005):

“La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión” (p. 116).

En el ensayo, normado por la NTP 399.613 y 399.604, se define las dimensiones de la unidad, donde se requiere encontrar una estandarización de las hiladas a fin de conseguir un asentado uniforme, evitando de esta manera aumentar el espesor de la junta de mortero.

La siguiente fórmula se usa para obtener la variación dimensional:

$$V = \frac{(M_p - M_f)}{M_f} \times 100 \dots \dots (1)$$

Donde:

Ecuación 1. Variación dimensional

V = Variación dimensional (%)

Mp = Medida promedio (mm)

Mf = Medida especificada por el fabricante (mm)

**A.2. Alabeo:** del mismo modo, la concavidad o convexidad que pueda presentar la unidad de albañilería provocaría mayores dimensiones en las juntas o por otro lado disminuir el área de contacto con el adherente; todo ello puede producir fallas por tracción por flexión en la unidad producido por el peso de las hiladas superiores.

Para realizar este ensayo se sigue los procedimientos indicado en la NTP 399.613, para lo cual se requiere colocar la unidad (ladrillo) sobre una mesa con superficie plana, luego una regla metálica se colocará sobre esta unidad de esquina a esquina, para finalmente introducir una cuña metálica graduada al milímetro en la zona más alabeada, tal como se muestra en las figuras a continuación. El resultado será expresado en milímetros.

**A.3. Resistencia a la Compresión:** Gallegos y Casabonne (2005) sostienen que:

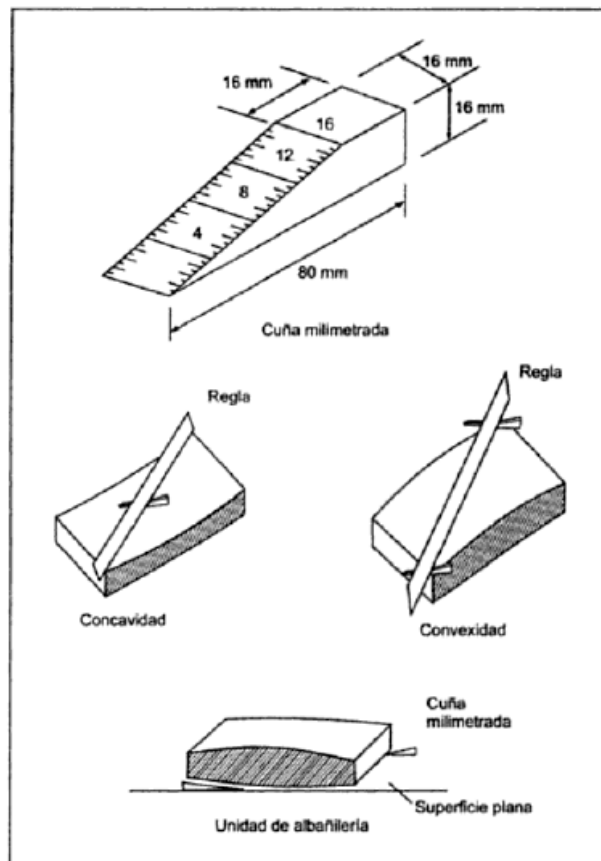
“La resistencia a la compresión es, por sí sola, la principal propiedad de la unidad de albañilería. Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería

poco resistente y poco durable” (p. 111). Se expresa en unidades de esfuerzo tales como MPa, kg/cm<sup>2</sup> y psi.

Este ensayo no solo define la resistencia que la unidad posee, sino también le da otros resultados tales como la resistencia a la intemperie u otra causa de deterioro.

De acuerdo a lo establecido en el numeral 5.2 de la Norma Técnica E.070 (2006) del Reglamento Nacional de Edificaciones, la resistencia a la compresión es una característica que se deberá tener en cuenta para clasificar la unidad para fines estructurales, las cuales se deberán tener en cuenta para la proyección de cualquier edificación.

**Figura 2.** Medición de alabeo (concavidad y convexidad) en la unidad de albañilería.



Fuente. Albañilería Estructural (2005)

## 2.2.3.2. Mortero

### 2.2.3.2.1. Definición

“El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado” (Norma Técnica E-070, 2006).

### 2.2.3.2.2. Componentes

#### a) Cemento

Frederik (como se citó en Pasquel, 2001) define que el cemento: “Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes” (p.17).

Para el mortero se utiliza generalmente el cemento portland tipo I y en algunas ocasiones el cemento portland tipo II. Si se llega a usar cemento puzolánico IP, es recomendable preparar la mezcla disminuyendo  $\frac{1}{2}$  volumen de arena, de este modo se obtiene una resistencia igual que con el cemento tipo I (San Bartolomé, 1994).

#### b) Cal Hidratada Normalizada

La cal hidratada es el nombre comercial que recibe el Hidróxido de Calcio. Debe ser normalizada puesto que pueden existir partículas

muy finas que, en vez de funcionar como aglomerante lo que provoca es que formen residuos inertes (San Bartolomé, 1994).

### c) Arena Gruesa

“Es el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas” (NTP 400.037, 2014, p. 6). Asimismo, la Norma Técnica E-070 (2006) indica que la arena gruesa deberá estar libre de materia orgánica y sales, y que deben cumplir con las características que se indican en la Tabla 3.

**Tabla 3**  
*Granulometría de la arena gruesa*

Malla ASTM	% Que pasa
Nº 4 (4,75 mm)	100
Nº 8 (2,36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1,18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0,60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0,30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0,15 mm)	2 a 15
Nº 200 (0,075 mm)	Menos de 2

Fuente. Norma Técnica E-070

Adicionalmente, la Norma Técnica E-070 (2006) estipula que no debe quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas y que el módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5. Y, por último, el porcentaje máximo de partículas quebradizas será del 1% en peso.

#### d) Agua

“El agua deberá ser potable, libre de materias orgánicas y de sustancias deletéreas (aceite, ácidos, etc.). El uso de agua de mar produce eflorescencia en los ladrillos por las sales que contiene” (San Bartolomé, 1994, p.124)

#### 2.2.3.2.3. Proporciones

La Norma Técnica E-070 (2006) especifica las proporciones de la mezcla establecidas en la Tabla N°4, clasificándola en dos tipos de morteros los cuales son: Tipo P y NP. El primer tipo de mortero se emplea en la construcción de muros portantes y el segundo para muros no portantes.

**Tabla 4**

*Tipos de mortero*

Tipo	Componentes			Usos
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

*Fuente.* Norma Técnica E-070

Asimismo, la Norma Técnica E-070 (2006) indica que, si en caso no se cuenta con cal hidratada normalizada, puede utilizarse mortero sin cal, siempre y cuando se respete las proporciones cemento-arena estipuladas en la Tabla 4.

#### 2.2.4. Propiedades Mecánicas.

##### 2.2.4.1. Resistencia en compresión de prismas de albañilería

La Norma Técnica E-070 (2006) nos indica que la resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'_m$ ) se determinará de manera empírica o



mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre.

Sin embargo, para la presente Tesis, no se está evaluando ninguna edificación, pero para efectos de estudios de la unidad de albañilería que se está investigando es necesario realizar el ensayo de compresión en prismas de albañilería para conocer el esfuerzo que resiste.

El ensayo de compresión axial de pilas se realizará mediante ensayos de laboratorio siguiendo lo indicado en la NTP 399.605-2013 (UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería).

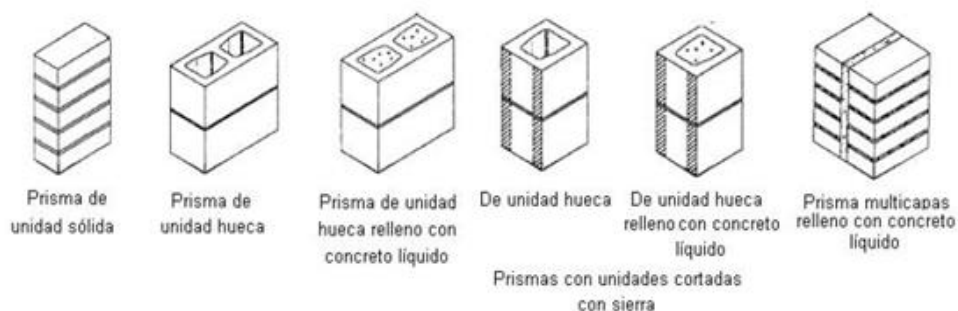
#### **2.2.4.1.1. Construcción de prismas de albañilería**

La NTP 399.605 establece el siguiente procedimiento para la construcción de prismas de albañilería:

- Los prismas se construirán con unidades representativas. Si las unidades presentan pestañas estrías o nervaduras que se proyecten 12.5 mm o más de la superficie de la unidad, entonces esos salientes serán removidos mediante corte con sierra.
- Cada prisma deberá ser elaborado en una bolsa abierta lo suficientemente grande para encerrar y sellar el prisma completo. La base donde se construirá los prismas debe ser plana y nivelada, y libre de perturbaciones hasta el día en que se ensaye.
- Se construirán los prismas como se muestra en la Figura 05, con las unidades asentadas en forma de pila. En el momento de la

construcción de los prismas, las superficies de las unidades de albañilería deberán estar libre de humedad.

**Figura 3.**  
*Construcción de prismas de albañilería*



*Fuente.* NTP 399.605

- Se fabricarán los prismas de albañilería con capas completas de mortero, colocando mortero en todo el perímetro. Asimismo, los prismas serán elaborados con una altura mínima de dos unidades, con una relación alto – espesor,  $h_p/t_p$ , entre 1,3 y 5,0.
- Una vez terminada la construcción del prisma se debe sellar la bolsa ajustándola para que se mantenga la humedad.

#### **2.2.4.1.2. Curado**

En cuanto al curado de los prismas, la NTP 399.605 establece que después de las primeras 48 horas (fase de curado) de construidos los prismas, se debe mantener en bolsas en una zona con temperatura de  $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$ . Dos días antes de realizar la prueba se retira las bolsas y se continúa el almacenamiento a la misma temperatura indicada y una humedad relativa menor a 80%.

Al momento de la prueba no debe existir humedad visible, si fuera el caso, se debe prolongar el tiempo de almacenamiento hasta asegurar las condiciones secas.

Los prismas serán ensayados a los 28 días o a la edad solicitada, pero no menor a los 14 días. La edad del prisma se determina a partir del momento del asentado de las unidades.

#### **2.2.4.1.3. Mediciones y determinación del área neta**

Se debe medir con aproximación a 1 mm, tanto la longitud, el ancho y la altura. Para los dos primeros se realizará en las mismas aristas que corresponden, mientras que para la altura se medirá en el centro de cada cara. Se determinará la medida de cada uno mediante el promedio simple de las cuatro medidas que se realicen.

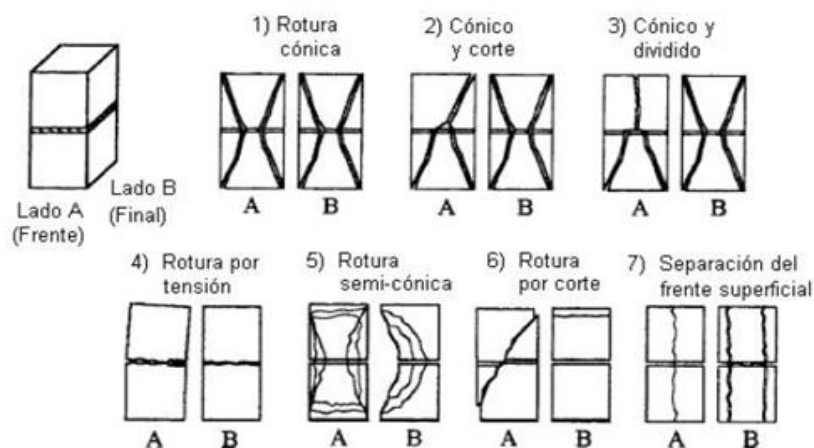
El área neta de los prismas construidos será la sección transversal de las unidades de albañilería, y se obtiene multiplicando la longitud y el ancho que se obtuvo en las mediciones.

#### **2.2.4.1.4. Procedimiento**

El prisma se coloca en el plato inferior de la máquina, antes de ellos se deberá limpiar todas las superficies y así también el mismo prisma, luego se debe alinear ambos ejes centroidales del espécimen con el centro de aplicación de carga de la máquina. Se aplicará una carga inicial equivalente a la mitad de la carga total esperada, y seguido de ello una carga remanente de manera uniforme en no menos que 1 minuto y no más de 2.

Si no se llega a determinar el modo de falla habiendo alcanzado la carga máxima, se debe continuar cargando hasta que se visualice el modo de fallo. Seguido, se registra la carga máxima y se anota el modo de falla.

**Figura 4.**  
*Esquemas de modo de falla*



Fuente. NTP 399.605

#### 2.2.4.1.5. Cálculos

Resistencia del prisma de albañilería: se obtiene dividiendo la carga de cada prisma de la compresión máxima entre el área neta de la sección transversal, el resultado se debe expresar con una precisión de 10 psi (69 kPa).

Resistencia a la compresión de albañilería: se calcula para cada prisma la relación  $h_p/t_p$  entre la altura ( $h_p$ ) y la menor dimensión lateral ( $t_p$ ) del prisma. Se determina el factor de corrección a partir de la Tabla 5, y una vez obtenido ese valor, se multiplica por la resistencia calculada anteriormente (cabe mencionar que cada prisma tiene un propio factor de corrección). Por último, se calcula la resistencia a la compresión de

albañilería  $f_{mt}$  para el conjunto de prismas estudiado, promediando los valores que se obtiene.

**Tabla 5**

*Factores de corrección altura/espesor para la resistencia en compresión de prismas de albañilería*

hp/tp	Factor de corrección
1,3	0,75
1,5	0,86
2,0	1,0
2,5	1,04
3,0	1,07
4,0	1,15
5,0	1,22

*Fuente. NTP 399.605*

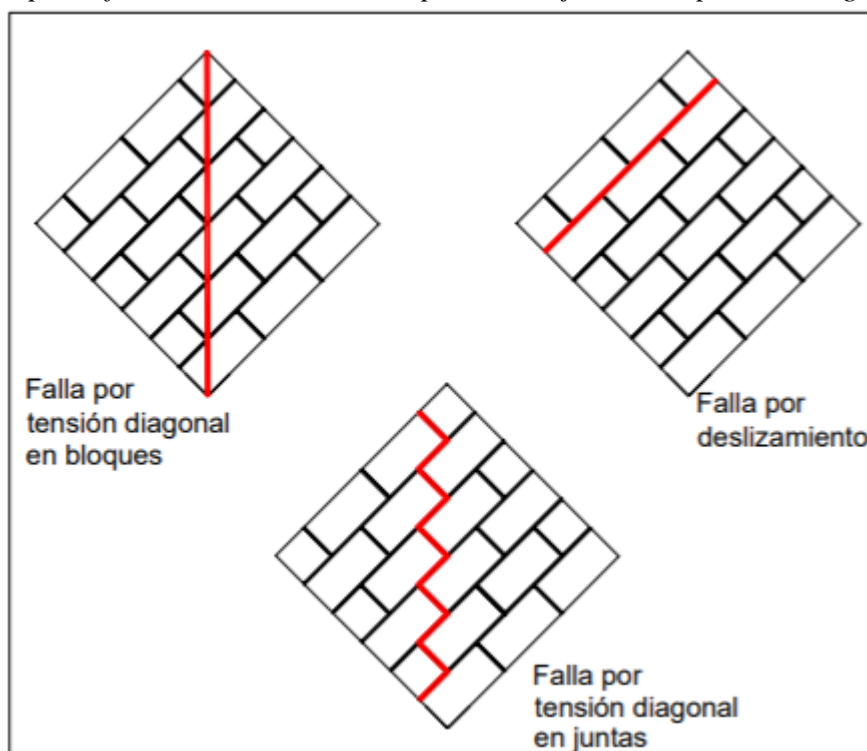
#### **2.2.4.2. Resistencia en compresión diagonal en muretes de albañilería**

El ensayo para determinar la resistencia a la tracción diagonal es el de corte o compresión diagonal debido a la similitud de la forma de falla del ensayo con la forma de falla de ciertos muros de edificaciones ante acciones sísmicas. Muchos investigadores lo han considerado como un ensayo representativo ideal sin embargo la realidad es distinta. En suma, el valor que representa el ensayo es ser un método simple y práctico de evaluar las resistencias al corte y a la tracción diagonal de diferentes albañilerías (Gallegos y Casabonne, 2005).

##### **a) Formas de Fallas:**

Una de las fallas a las que se somete los muros, son la compresión diagonal, esta viene siendo una de las más comunes fallas en las estructuras, las cuales pueden ser de tres tipos:

**Figura 5.**  
*Tipo de fallas en murete de mampostería sujeto a compresión diagonal*



*Fuente.* Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto (2009).

En la primera imagen podemos observar la falla por tensión diagonal en bloques, que atraviesa de manera directamente las unidades, en la cual su trayectoria tiende a ser recta; del mismo modo, la segunda imagen indica la falla por tensión diagonal en juntas, esta falla es producida por la adherencia que tiene la unidad con el mortero o el material adherente, donde presenta una trayectoria escalonada aproximadamente al centro del murete; por último, la tercera falla es por deslizamiento y esta es debido al desprendimiento de una de las juntas horizontales.

**b) Método de Ensayo:**

Este ensayo esta normado por la NTP 399.621 que establece el método de ensayo para la determinación a la compresión diagonal (corte), en

muretes de albañilería de dimensiones mínimas 600mm x 600mm, mediante la aplicación de una carga de compresión a lo largo de una diagonal tal como la figura a continuación la muestra, originando de esta manera una falla por tracción diagonal que hace que el murete tenga una falla en la dirección paralela a la dirección de la carga.

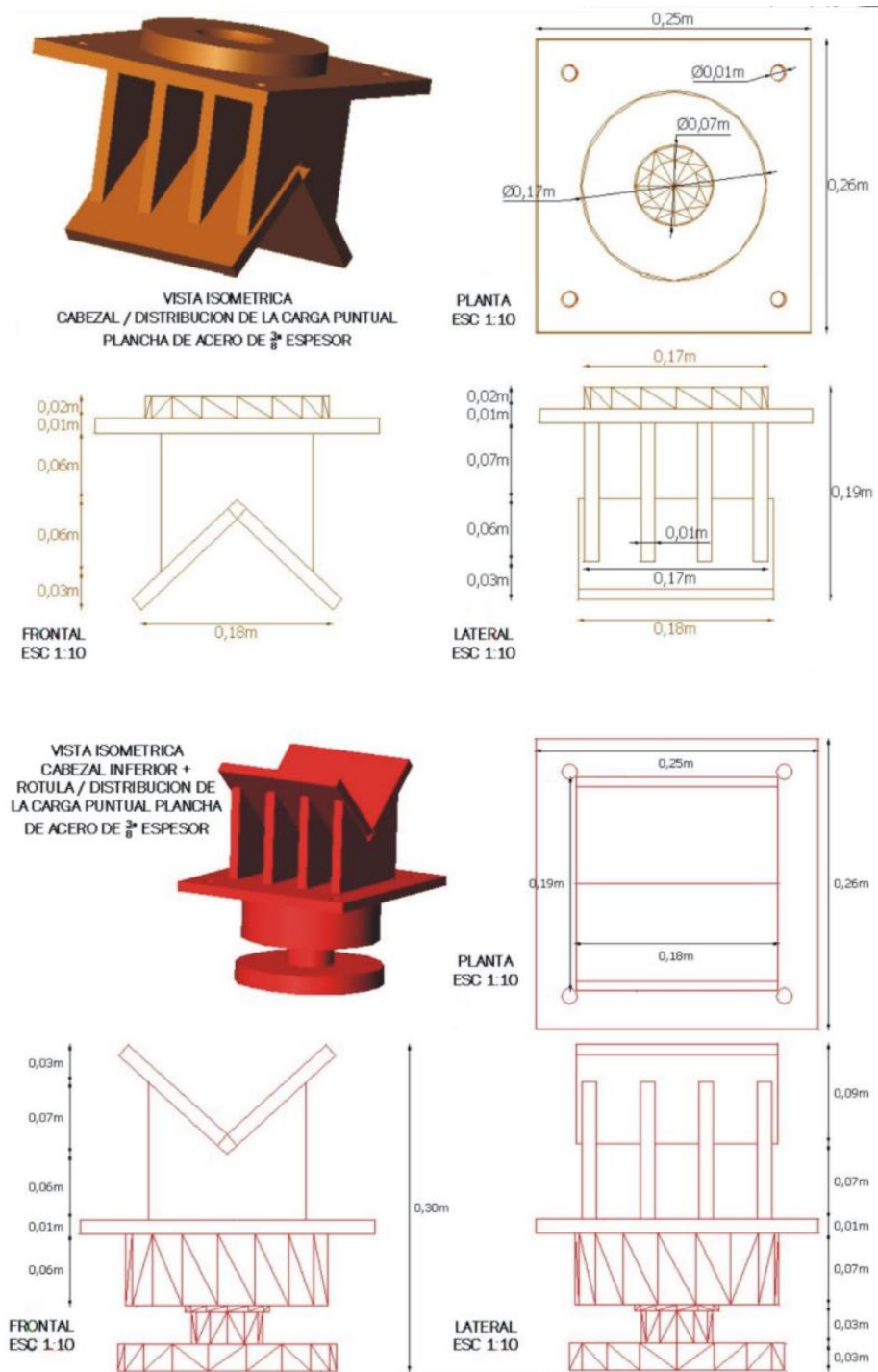
**Figura 6**  
*Equipo para ensayo de compresión diagonal en murete de albañilería.*



*Fuente. NTP 399.621*

Para realizar este ensayo se requiere de la máquina de ensayo, la cual debe tener suficiente capacidad de carga en compresión y con la velocidad indicada en el apartado 8.4 de la norma mencionada anteriormente, tanto como la ASTM E4. Del mismo modo, se deberá tener en el ensayo una escuadra de carga, la cual se muestra en la siguiente figura, para aplicar la carga de la máquina al murete. Tener en cuenta que la longitud de apoyo no debe exceder en altura de la unidad de albañilería o 152mm.

**Figura 7**  
*Escuadra de Carga*



Fuente. NTP 399.621



### c) Módulo de Corte:

Para calcular el módulo de corte ( $G_m$ ) se trabaja con la parte más lineal de la gráfica P-D y se elimina así la porción inicial y se elimina así la porción inicial que contempla el reacomodo de los instrumentos y la deformación del Capping. Usualmente esta porción de la gráfica en análisis está comprendida entre el 10% y el 50% de la carga de rotura. Si “L” es la distancia entre los instrumentos que miden las deformaciones, “A” es el área bruta de la diagonal y  $\Delta P = P_{50\%} - P_{10\%}$ , se tendrá:

Esfuerzo cortante:

$$\Delta\sigma = \Delta P$$

La deformación unitaria asociada a  $\Delta P$  de cada instrumento que controla la deformación:

$$\Delta\varepsilon = \Delta D / L$$

Se puede demostrar que la deformación angular “ $\gamma$ ” está dada por la suma de deformaciones unitarias registradas por cada instrumento que controla la deformación.

## 2.2.5. Polietileno tereftalato (PET)

### 2.2.5.1. Definición.

El PET es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. Su denominación técnica es Polietilén Tereftalato o Politereftalato de etileno. Empezó a ser utilizado como materia prima en fibras para la industria textil y la producción de films. (Textos científicos, 2007)

El plástico PET, o polietileno tereftalato-poliéster, es un polímero plástico que se obtiene a partir del etileno y el paraxileno. Puede ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado. Es un material lineal, con una gran transparencia y dureza, muy resistente, tanto al desgaste y a los productos químicos, como al impacto, a la rotura y al fuego. (Arteplástica, 2017)

### **2.2.5.2. Propiedades.**

Según el Blog Tecnología de los plásticos (2011), el PET en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química.

Entre sus propiedades más relevantes están:

- Procesable por soplado, inyección y extrusión.
- Transparencia y brillo con efecto lupa.
- Alta resistencia al desgaste.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química y térmica.
- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.
- Excelentes propiedades mecánicas.

**Tabla 6**  
*Datos técnicos del PET*

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.34 – 1.39
Resistencia a la tensión	Mpa	59 – 72
Resistencia a la compresión	Mpa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0.01 – 0.04
Dureza	---	Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 <sup>-4</sup> /°C	15.2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)	---	3.65
Absorción de agua (24 h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	---	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	---	Excelente
Calidad óptica	---	Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 – 254

*Fuente.* Industria del Plástico. Plástico Industrial. Richardson & Lokensgard (como se citó en el Blog Tecnología de los Plásticos, 2011).

### 2.2.5.3. Aplicaciones

El PET tiene diversas aplicaciones en varias industrias de la producción, la encontramos en nuestra vida cotidiana también, algunas de ellas son las siguientes:

- a) Envases: bebidas carbonatadas, dentífricos, aguas purificadas, jugos, aceites comestibles y medicinales, industria de la alimentación.
- b) Láminas y películas: cajas, blisters, bolsas para alimentos, envases para medicamentos, envases cosméticos.
- c) Otros: carcazas de motores, envases resistentes a congelamiento, monofilamentos resistentes a temperatura en medio ácido.

#### 2.2.5.4. Reciclaje

Gaggino (2008) sostiene que a nivel mundial se utilizan distintos procedimientos para reciclar los plásticos, los cuales se detallan a continuación:

El reciclado mecánico lleva varias etapas donde se realiza: la separación manual, el triturado en partículas, clasificación de partículas por aire, lavado, inmersión en agua y separación electrostática.

El reciclado químico deshace o depolimeriza el plástico, separándose las moléculas que lo componen, las cuales se emplean para fabricar otra vez plásticos. Dependiendo de su pureza, este material puede usarse incluso, para el envasado de alimentos.

El reciclado energético consiste en incinerar el plástico para generar energía, lo cual tiene como inconveniente la contaminación atmosférica que produce.

El más costoso de estos tres procedimientos es el químico, pero es el que permite obtener productos con un mayor valor agregado.

En nuestra región el tipo de reciclado que se realiza es el mecánico, pero solo hasta la parte de triturado, luego es llevado en camiones hasta la capital de nuestro país en donde continúa su proceso de reciclaje.

El PET puede ser reciclado dando lugar al material conocido como RPET, lamentablemente el RPET no puede emplearse para producir envases para la industria alimenticia debido a que las temperaturas implicadas en el proceso de reciclaje no son lo suficientemente altas como para asegurar la esterilización del producto. (Blog Tecnología de los plásticos, 2011)

Varios productos plásticos están identificados con un número dentro del símbolo de reciclaje. Este número indica el tipo de plástico del cual está hecho el producto. (Blog El Analista Económico-Financiero, 2013)

El PET se reconoce por la siguiente simbología:

**Figura 8.**  
*Símbolo del PET*



*Fuente.* El Analista Económico-Financiero

## 2.2.6. Aditivos químicos

### 2.2.6.1. Definición y generalidades

Los aditivos son componentes de naturaleza orgánica o inorgánica que se adiciona a una mezcla (en este caso el concreto) con la finalidad de modificar, acentuar o conferir las propiedades físicas, químicas o físico-químicas durante el comportamiento del concreto en su estado fresco o endurecido y esta se adapte a las características o necesidades de la obra (Constructivo, 2019).

El comité 116 del Instituto Americano de Concreto (ACI 116) lo define como un material distinto a los componentes convencionales y ya conocidos, agregados en pequeñas cantidades, generalmente por debajo del 5% de la masa del cemento.

## 2.2.6.2. Clasificación

### 2.2.6.2.1. De acuerdo a la etapa de Incorporación:

#### a) En estado Fresco:

La incorporación de los aditivos en estado fresco del concreto, son con fines de poder modificar las propiedades de:

- a. Aumentar la trabajabilidad de la mezcla sin necesidad de aumentar o reducir las cantidades de agua.
- b. Para controlar el tiempo de fraguado, ya sea adelantando o retardando este periodo de tiempo.
- c. Controlar el asentamiento, reduciéndolo o prevenirlo.
- d. Modificar valores de exudación.
- e. Reducir la segregación.
- f. Mejorar la actitud al bombeo.

#### b) En estado Endurecido:

Del mismo modo, en la etapa de fraguado o endurecimiento, los aditivos aportarán alterar el comportamiento del concreto tal y como convenga:

- a. Aumentar y/o acelerar la ganancia de la resistencia.
- b. Mejorar la durabilidad frente a la exposición severa.
- c. Disminuir los índices de permeabilidad del concreto.
- d. Generar que el concreto pueda expandirse o controlar la contracción.

- e. Poder aumentar la adherencia con los elementos de refuerzo estructural.
- f. Reducir la corrosión de los elementos de refuerzo estructural.

#### 2.2.6.2.2. Por su tipo:

Desde 1962 comenzaron a establecerse las primeras normas ASTM y del mismo modo con el transcurrir el tiempo en el Perú se fueron implementando las normas técnicas que se indica en el siguiente cuadro.

**Tabla 7**

*Normas de aditivos*

Tipos de aditivos	Normativa
Reductores de agua y reguladores de agua	ASTM C 494 NTP 334.088
Incorporadores de aire	ASTM C 260 NTP 334 089
Cloruro de sodio	ASTM D 98
Autocompactantes/fluidificantes	ASTM C 1017

Se clasificaron a los aditivos de acuerdo a lo indicado en la tesis para obtener el título de ingeniero civil “Evaluación y análisis de la influencia de curado acelerado por el método de agua caliente en la resistencia a la compresión de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la Provincia y Región de Pasco” en el cual clasifica de la forma siguiente:

- a) Tipo A – Aditivos reductores de agua (plastificantes): disminuyendo las cantidades de agua ayuda a aumentar la resistencia. Algunos aditivos reductores de agua presentan grandes aumentos en la

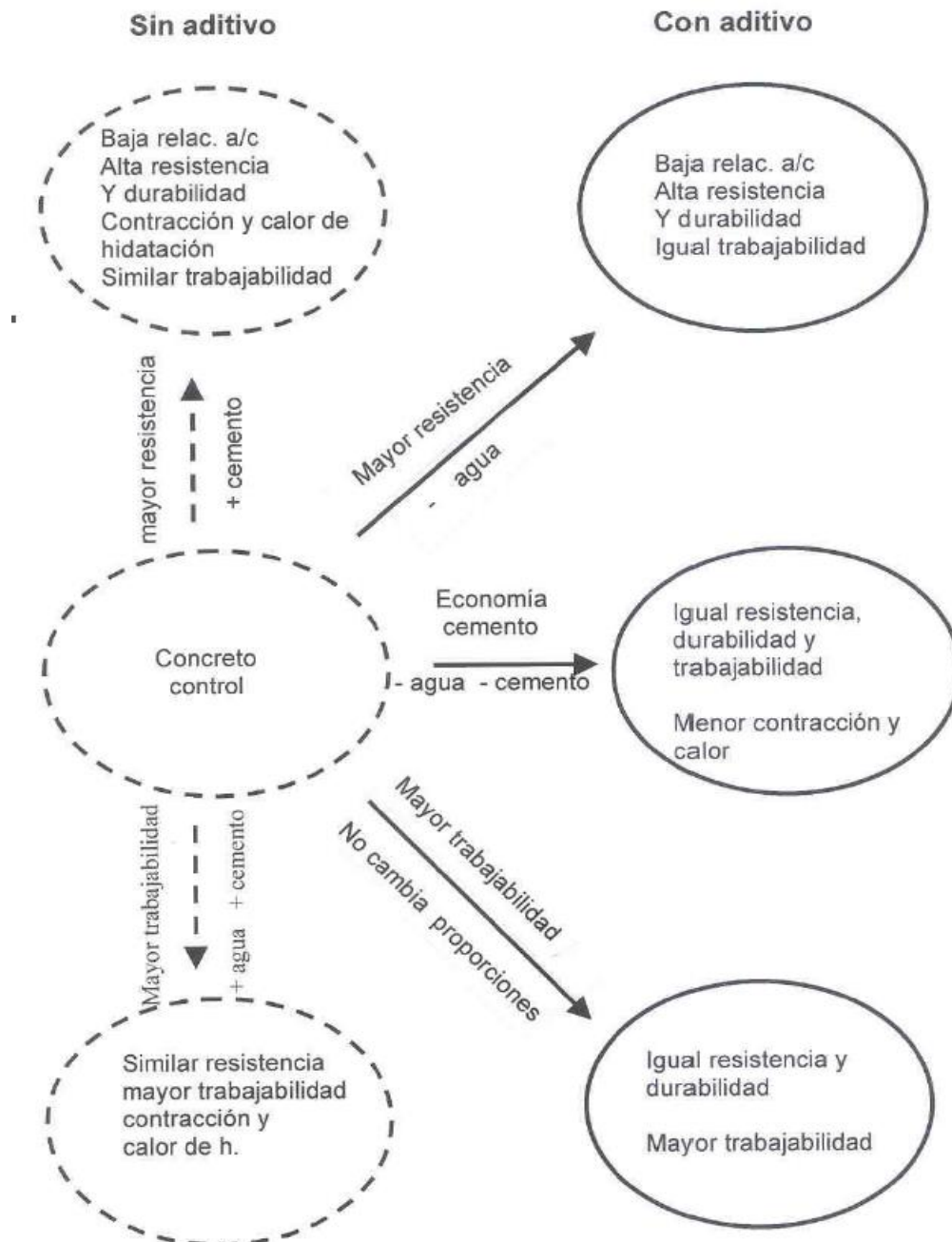
contracción por el secado. La colocación del hormigón se debe realizar antes de 60 minutos, ya que la acción de los fluidificantes es de tiempo limitado, El exceso de transporte y vibración puede producir segregación y/o exudación.

- b) Tipo B – Aditivo retardante: estos aditivos van a prolongar y como su mismo nombre lo indica, retardar el tiempo inicial de fraguado del concreto. En algunas ocasiones solo la temperatura ambiente altera el proceso, haciendo que la mezcla preparada pueda ganar al proceso constructivo.
- c) Tipo C – Aditivos Acelerantes; reducen el tiempo de fraguado inicial y acelera la obtención de valores de resistencia temprana alta. Los más usados son para climas fríos, aumentar la velocidad del desarrollo de la resistencia en el concreto.
- d) Tipo D – Aditivos reductores de agua y retardantes: Disminuyen el contenido de agua de la mezcla, incrementan la resistencia y retarda el fraguado inicial del concreto.
- e) Tipo E – Aditivos reductores de agua y aceleradores: Disminuyen el contenido de agua de la mezcla, incrementan la resistencia y reducen el tiempo de fraguado inicial del concreto.
- f) Tipo F - Aditivos reductores de agua de alto rango: Reducen el contenido de agua entre 12% y 25% para incrementar la resistencia y disminuir la permeabilidad del concreto.
- g) Tipo G - Aditivos reductores de agua de alto rango y retardante: Reducen el contenido de agua entre 12% y 25% para incrementar la



resistencia, disminuye la permeabilidad del concreto y retarda el fraguado inicial del concreto.

**Figura 9**  
*Aportes de aditivos en el concreto*



### 2.2.6.2.3. Requisitos Físicos:

**Tabla 8**
*Características de los aditivos según el tipo*

	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E	Tipo F	Tipo G
<b>Cambio de agua. % de control</b>	95			95	95	88	88
<b>Tiempo de fraguado del concreto desviación permisible respecto al control horas-minutos</b>							
<b>Fraguado inicial ...</b>	1;00 antes	1;00 despu	1;00 antes	1;00 despu	1;00 antes	1;00 antes	1;00 despu
<b>No menos de....</b>	pero no	3:30 despu	3:30 antes	3:30 despu	3:30 antes	pero no	3:30 despu
<b>No más de ...</b>	1:30 después					1:30 después	
<b>Factor final:</b>		-	1:00 antes	-	1:00 antes		-
<b>No menos de ...</b>	1;00 antes	3:30 despu	-	3:30 despu	-	1;00 antes	3:30 despu
<b>No más de ...</b>	pero no					pero no	
	1:30 después					1:30 después	
<b>Resistencia a la compresión mínima % con respecto al control</b>	---	---	---	---	---	140	125
<b>1d..</b>	110	90	125	110	125	125	125
<b>3d ...</b>	110	90	100	110	110	115	115
<b>7d ...</b>	110	90	100	110	110	110	110
<b>28d ...</b>	100	90	90	100	100	100	100
<b>6 meses ...</b>	100	90	90	100	100	100	100
<b>1 año ...</b>							
<b>Resistencia a la flexión mínima, % con respecto al control.</b>	100	90	100	100	100	100	100
<b>3d ...</b>	100	90	100	100	100	100	100
<b>7d ...</b>	100	90	90	100	100	100	100
<b>28d...</b>							
<b>Cambio de longitud, máxima contracción (requisitos alternativos)</b>	135	135	135	135	135	135	135
<b>Porcentaje de control</b>	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
<b>Aumento con respecto al control.</b>	80	80	80	80	80	80	80
<b>Factor de durabilidad relativa, mínima.</b>							

*Fuente.* Tesis “influencia del porcentaje y tipo de acelerante, sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de un concreto de rápido fraguado”

### 2.3. Definición de términos

**Concreto líquido:** concreto de cemento portland de consistencia líquida con asentamiento en el cono de Abrahm’s igual o mayor de 200 mm. (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 42).

**Curado:** es el proceso por el cual se busca mantener saturado al concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento. (Harmsen, 2002, p. 17).

**Eflorescencia:** es el depósito de sales solubles, generalmente de color blanco, que se forma en la superficie de la albañilería al evaporarse la humedad. Es un proceso que, si bien nace de la composición de la unidad de la albañilería y el mortero, está estrechamente vinculado a la presencia de humedad. (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 26).

**Exudación:** propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener. (Pasquel, 2001, p. 139).

**Fraguado inicial:** condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. (Pasquel, 2001, p. 27).

**Ladrillo cerámico:** el ladrillo cerámico o ladrillo de arcilla se define como unidades cerámicas, generalmente rectangulares, que son obtenidos por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta de arcilla, que es la materia prima de este. (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH), 2010, p. 5).

**Mampostería:** material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por “unidades de albañilería” apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido. (Norma Técnica E-070, 2006).

**Muro armado:** se caracterizan por llevar el refuerzo interior de la albañilería. Este refuerzo está generalmente distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal) como de su longitud (refuerzo vertical). (San Bartolomé, 1994, p. 8).

## 2.4. Marco normativo

**MTC E 204 - NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.)**

Esta norma técnica establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global.

**MTC E 205 - NTP 400.022 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.**

Esta norma técnica establece un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino, la gravedad específica y la absorción del agregado fino.

**MTC E 206 - NTP 400.021 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.**

Esta norma técnica establece un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado grueso, la gravedad específica y la absorción del agregado grueso.

**MTC E 203 - NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.**

Esta norma técnica establece la determinación de la densidad de masa (peso unitario) del agregado en condición suelto o compactado.

**MTC E 215 - NTP 339.185 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.**

Esta norma técnica establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado.

**NTP 399.604 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.**

Esta norma técnica establece el procedimiento para el muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto para obtener dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad) y contenido de humedad.

**NTP 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.**

Esta norma técnica establece los procedimientos para la fabricación y ensayo de prismas de albañilería, y los cálculos para determinar la resistencia en compresión,  $f_{mt}$ , utilizada para determinar el cumplimiento con la resistencia a la compresión especificada para la albañilería,  $f'_m$ .

**NTP 399.621 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.**

Esta norma técnica establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión diagonal (corte), en muretes de albañilería de dimensión mínima 600 mm x 600 mm, mediante la aplicación de una carga de compresión a lo largo de una diagonal.

# CAPÍTULO III

# MATERIALES Y

# MÉTODOS

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada puesto que esta investigación propone ampliar conocimientos para generar soluciones a los problemas relacionados con los residuos plásticos (PET) que afecta al medio ambiente, asimismo dar a conocer el uso de aditivos químicos en la elaboración de ladrillos artesanales de cemento.

#### 3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es experimental debido a que las variables de la investigación han sido manipuladas mediante ensayos de laboratorio a criterio de los investigadores.

#### 3.3. Unidad de análisis

- Ladrillo artesanal de cemento con PET y aditivos químicos.

#### 3.4. Ubicación

La investigación se realizó en el distrito de Nuevo Chimbote de la provincia del Santa en la Región Ancash.

#### 3.5. Población y muestra

**3.5.1. Población:** en esta investigación la población y muestra son iguales y por tanto finita, esto debido al nivel de investigación en la que se analiza cantidades establecidas por los investigadores.

**3.5.2. Muestra:** la muestra es no probabilística, elegida por conveniencia y criterio de los investigadores, teniendo en cuenta los antecedentes y también el apartado 5.4. PRUEBAS de la Norma Técnica E-070.

**Tabla 9**

*Cantidad de ladrillos de cemento*

<b>Tratamiento</b>	<b>Cantidad</b>
Determinación de ladrillo patrón	9
Ladrillo patrón + PET triturado	9
Ladrillo patrón + PET triturado + acelerante	9
Ladrillo patrón + PET triturado + plastificante	9
Ladrillo patrón	70
Ladrillo + aditivo óptimo	100
Total	206

### 3.6. Variables

#### 3.6.1. Variables independientes

- PET triturado.
- Aditivos químicos (acelerante de fragua, reductor de agua).

#### 3.6.2. Variables dependientes

- Propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento.



### 3.6.3. Matriz de consistencia

**Tabla 10**

*Matriz de consistencia*

<b>Problemas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿La adición de polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos en la elaboración del ladrillo artesanal de cemento en Nuevo Chimbote, mejorará sus propiedades físico-mecánicas?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Explicar la influencia de los aditivos químicos y el polietileno tereftalato triturado en la elaboración de ladrillos artesanales de cemento.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>Si se adiciona polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos en la elaboración de ladrillo artesanal de cemento entonces mejorará sus propiedades físico-mecánicas.</p>	<p>V.D Propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento</p> <p>V.I Polietileno tereftalato triturado Aditivos químicos (acelerante de fragua y reductor de agua)</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿Cuál es la calidad de los ladrillos artesanales de cemento fabricados en Nuevo Chimbote?</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Diagnosticar una muestra representativa de los ladrillos artesanales de cemento fabricados en la ciudad de Nuevo Chimbote.</p>	<p><b>Hipótesis Específicos</b></p> <p>Si se evalúa la resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales de cemento fabricados en Nuevo Chimbote mediante una muestra representativa entonces se conocerá la calidad de estos y las dosificaciones utilizadas.</p>	<p>V.D Calidad de los ladrillos artesanales de cemento fabricados en Nuevo Chimbote</p> <p>V.I Propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento</p>
<p>¿Cuánto es la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento al adicionarle un</p>	<p>Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento</p>	<p>Si se adiciona polietileno tereftalato triturado al ladrillo artesanal de cemento entonces</p>	<p>V.D Resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento</p>

porcentaje establecido de polietileno tereftalato triturado?	adicionando un porcentaje establecido de polietileno tereftalato triturado.	disminuirá la resistencia a la compresión.	V.I Polietileno tereftalato triturado
¿Cuánto es la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado al adicionarle aditivo acelerante de fragua?	Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado adicionando aditivo acelerante de fragua.	Si se adiciona aditivo acelerante de fragua al ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado entonces aumentará la resistencia a la compresión.	V.D Resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento V.I Aditivo acelerante de fragua
¿Cuánto es la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado al adicionarle aditivo reductor de agua (plastificante)?	Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado adicionando aditivo reductor de agua (plastificante).	Si se adiciona aditivo reductor de agua (plastificante) al ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado entonces aumentará la resistencia a la compresión.	V.D Resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento V.I Aditivo reductor de agua
¿Cuáles son las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado al adicionarle el aditivo óptimo?	Determinar las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado incorporando el aditivo óptimo.	Adicionando el aditivo óptimo al ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado entonces mejorará las propiedades físico-mecánicas.	V.D Propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento V.I Aditivo óptimo (acelerante de fragua o reductor de agua)

### 3.6.4. Operacionalización de variables

**Tabla 11**  
*Operacionalización de variables*

Pregunta	Objetivo	Hipótesis	Variables	Definición operacional	Dimensi	Indicadores	Herramienta	Método
<b>Pregunta Principal</b> ¿La adición de polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos en la elaboración del ladrillo artesanal de cemento en Nuevo Chimbote, mejorará sus propiedades físico-mecánicas?	Explicar la influencia de los aditivos químicos y el polietileno tereftalato triturado en la elaboración de ladrillos artesanales de cemento.	Si se adiciona polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos en la elaboración de ladrillo artesanal de cemento entonces mejorará sus propiedades físico-mecánicas.	Variable Dependiente Propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento	Son las atribuciones que presenta la unidad de albañilería de cemento, mediante las cuales se determina si el ladrillo se acepta o no como tal.	D. Física	Variación dimensional	Regla graduada al milímetro, de 300 mm de longitud.	Medir el largo, alto y ancho de cada espécimen con precisión de 1 mm.
						Alabeo	Cuñas de acero graduadas a medio milímetro	Medición de concavidad y/o convexidad.
						Resistencia a la compresión	Máquina de ensayo	Determinar la resistencia a la compresión.

Varia	Es un tipo de plástico el	D:	Absorción	Balanza Recipiente con agua Horno de secado	Determinar el contenido de agua absorbida.	
			Densidad	Balanza Recipiente con agua Horno de secado	Determinar la densidad de cada especimen.	
			Resistencia a la compresión de prismas de albañilería	Máquina de ensayo Placas de apoyo Prisma de ensayo	Determinar la resistencia a la compresión de los primas de albañilería.	
			Resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería	Máquina de ensayo Escuadras de carga Especímenes de ensayo	Determinar la resistencia a la compresión diagonal de la albañilería.	
			Ubicación	Nuevo Chimbote	Trabajo de campo	Identificar los lugares donde

Polietileno tereftalato triturado	cual ha pasado por un proceso de reciclaje y molienda, la que será reutilizada para sus propios fines.		Propiedades Físicas	Revisión bibliográfica	se almacenan polietileno tereftalato reciclado.  Identificar las propiedades físicas del polietileno tereftalato.
Aditivos químicos (acelerante de fragua y reductor de agua)	Componentes de naturaleza inorgánica que al ser incluidos en pequeñas cantidades en la elaboración del concreto, le modifican sus propiedades.	D. Física	Propiedades Físicas	Revisión bibliográfica	Identificar las propiedades físicas de los aditivos químicos.
		D. Técnica	Propiedades Químicas	Especificaciones técnicas del fabricante	Identificar los elementos principales que se utiliza en la elaboración de los aditivos.

<b>Pregunta Especifica 1</b>	¿Cuál es la calidad de los ladrillos artesanales de cemento fabricados en Nuevo Chimbote?	Diagnosticar una muestra representativa de los ladrillos artesanales de cemento fabricados en la ciudad de Nuevo Chimbote.	Si se evalúa las propiedades de los ladrillos artesanales de cemento fabricados en Nuevo Chimbote mediante una muestra representativa entonces se podrá conocer la calidad de éstos.	Variable Dependiente	Calidad de los ladrillos artesanales de cemento fabricados en Nuevo Chimbote	Conjunto de propiedades que permite caracterizarla y valorarla.	D. Física	Buena	Resultados de los ensayos aplicados.	Interpretación del los resultados de los ensayos realizados.	
				Variable Independiente	Propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento	Son las atribuciones que presenta la unidad de albañilería de cemento, mediante las cuales se determina si el ladrillo se acepta o no como tal.	D. Física	Alabeo			
									Resistencia a la compresión	Máquina de ensayo	Determinar la resistencia a la compresión.
									Absorción	Balanza	Determinar el contenido de
								Variación dimensional	Regla graduada al milímetro, de 300 mm de longitud.	Medir el largo, alto y ancho de cada espécimen con precisión de 1 mm.	

<b>Pregunta Específica 2</b>	¿Cuánto es la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento al adicionarle un porcentaje establecido de polietileno tereftalato triturado?	Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento adicionando un porcentaje establecido de polietileno tereftalato triturado.	---	Variable Dependiente	Polietileno tereftalato triturado	Relación entre la carga de rotura a compresión de un ladrillo y su sección bruta.	D. Física	Resistencia a la compresión	Máquina de ensayo	Determinar la resistencia a la compresión.

VER VARIABLE DE LA PREGUNTA PRINCIPAL

<b>Pregunta Específica 3</b>	¿Cuánto es la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado al adicionarle aditivo acelerante de fragua?	Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato adicionando aditivo acelerante de fragua.	-	Variable Dependiente	Resistencia a la compresión del ladrillo artesanal de cemento	VER VARIABLE DE LA PREGUNTA ESPECÍFICA 2				
				Variable Independiente	Aditivo acelerante de fragua	Componente que se añade al concreto o mortero durante el mezclado con la finalidad de acelerar el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión a temprana edad.	D. Física	Propiedades Físicas	Revisión bibliográfica	Identificar las propiedades físicas de los aditivos quimicos.
							D. Técnica	Propiedades Químicas	Especificaciones técnicas del fabricante	Identificar los elementos principales que se utiliza en la elaboración de los aditivos.
<b>Pregunta</b>	¿Cuánto es la resistencia	Determinar la resistencia a la	-	Variable	Resistencia a la compresión	VER VARIABLE DE LA PREGUNTA ESPECÍFICA 2				



<p>a la compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado al adicionarle aditivo reductor de agua?</p>	<p>compresión del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado adicionando aditivo reductor de agua.</p>	<p>del ladrillo artesanal de cemento</p>	<p>Variable Independiente</p>	<p>Aditivo reductor de agua</p>	<p>Componente que se añade al concreto durante el mezclado el cual incrementa la resistencia manteniendo la cantidad de cemento.</p>	<p>D. Física D. Técnica</p>	<p>Propiedades Físicas</p>	<p>Revisión bibliográfica</p>	<p>Identificar las propiedades físicas de los aditivos químicos.</p>
<p>Pregunta Específica 5</p>	<p>¿Cuáles son las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento</p>	<p>Determinar las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento con</p>	<p>Variable</p>	<p>Propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento</p>	<p>VER VARIABLE DE LA PREGUNTA PRINCIPAL</p>	<p>VER VARIABLE DE LA PREGUNTA PRINCIPAL</p>	<p>Propiedades Químicas</p>	<p>Especificaciones técnicas del fabricante</p>	<p>Identificar los elementos principales que se utiliza en la elaboración de los aditivos.</p>

con polietileno  
polietileno tereftalato  
tereftalato triturado  
triturado al incorporando  
adicionarle el aditivo  
el aditivo óptimo.  
óptimo?

Aditivo  
óptimo  
(acelerante  
de fragua o  
reductor de  
agua)

---

### **3.7. Instrumentos**

Los instrumentos empleados para cada proceso realizado se muestran a continuación, se agrupó por análisis de los materiales, análisis de las unidades de albañilería y análisis de prismas.

#### **3.7.1. Metodología de análisis de los materiales para la elaboración de las unidades de albañilería**

##### **3.7.1.1. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos**

###### **Equipos y Materiales**

- Balanza con aproximación de 0.01g
- Horno con una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Tamices normalizados: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, fondo y tapa.
- Tamizador mecánico
- Recipientes
- Cucharon metálico
- Cepillo

##### **3.7.1.2. Peso específico y absorción del agregado fino**

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

- Balanza con aproximación de 0.1g
- Horno con una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Frasco volumétrico de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad

- Molde cónico, metálico de  $40 \pm 3$  mm de diámetro interior en su base menor,  $90 \pm 3$  mm de diámetro interior en una base mayor y  $75 \pm 3$  mm de altura
- Varilla para apisonado, metálica, terminada en un extremo en una superficie circular plana para el apisonado, de  $25 \pm 3$  mm de diámetro
- Secadora de cabello, recipientes y cucharón

### **3.7.1.3. Peso específico y absorción del agregado grueso**

#### **Equipos y materiales**

- Balanza con aproximación de 0.5 g, equipada con aparatos adecuados para suspender la muestra contenida en agua desde el centro de la plataforma.
- Cesta con malla de alambre: con tamaño de abertura correspondiente al tamiz N°6 o abertura menor.
- Balde adecuado para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.
- Un tamiz normalizado de 4,75 mm (N°4).
- Horno con una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Paño grande y absorbente

### **3.7.1.4. Peso unitario suelto y compactado de los agregados**

#### **Equipos y materiales**

- Balanza, con precisión a 1g.
- Recipiente de capacidad volumétrica conocida.
- Varilla lisa de acero de  $5/8''$  de diámetro, con un extremo semiesférico.

- Cucharón

### **3.7.1.5. Contenido de humedad de los agregados**

#### **Equipos y materiales**

- Balanza con aproximación de 0.01g
- Horno con una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Recipientes metálicos para las muestras

### **3.7.2. Metodología de análisis de las unidades de albañilería**

#### **3.7.2.1. Ensayos clasificatorios**

- **Resistencia a la compresión**

#### **Equipos y materiales**

- Máquina de ensayo
- Bloques de soporte de acero y platos
- Ladrillos de cemento

- **Variación dimensional**

#### **Equipos y materiales**

- Regla graduada de acero de 30 cm con aproximación a 1 mm.
- Ladrillos de cemento

- **Alabeo**

#### **Equipos y materiales**

- Varilla de acero con borde recto
- Regla
- Superficie plana de acero o vidrio o loseta
- Escobilla o brocha

- Ladrillos de cemento

### 3.7.2.2. Ensayos no clasificatorios

- **Contenido de humedad**

#### **Equipos y materiales**

- Balanza electrónica
- Ladrillos de cemento
- Horno de secado
- Guantes

- **Absorción**

#### **Equipos y materiales**

- Recipiente de plástico de regular tamaño para sumergir ladrillos de cemento
- Ladrillos de cemento
- Agua
- Horno de secado
- Balanza
- Pedazo de tela de algodón
- Guantes

- **Absorción máxima**

#### **Equipos y materiales**

- Recipiente de material resistente al fuego de regular tamaño capaz de almacenar 05 unidades de ladrillo
- Ladrillos de cemento
- Agua
- Horno de secado

- Balanza electrónica
- Pedazo de tela de algodón
- Guantes
- Cocina a gas o leña

- **Succión**

**Equipos y materiales**

- Ladrillos de cemento
- Agua
- Varillas de acero para soporte de ladrillos
- Bandeja metálica o de plástico con profundidad no menor de 13 mm y un área mínima de 2000 cm<sup>2</sup>.
- Balanza electrónica
- Horno de secado
- Cronómetro
- Pedazo de tela de algodón
- Guantes

- **Densidad**

**Equipos y materiales**

- Ladrillos de cemento
- Recipiente de plástico de regular tamaño para sumergir ladrillos de cemento
- Ladrillos de cemento
- Agua
- Horno de secado
- Balanza

- Pedazo de tela de algodón
- Guantes
- Balde de capacidad mínima de 18L
- Soporte para suspender ladrillos
- **Coefficiente de saturación**

#### **Equipos y materiales**

- Lapicero, papel y hoja de cálculo Excel, puesto que el coeficiente de saturación se obtiene a partir de los datos de absorción y absorción máxima.

### **3.7.3. Metodología de análisis de prismas: pilas y muretes**

#### **3.7.3.1. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería (Pilas)**

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

- Unidades de albañilería: ladrillos
- Cemento Pacasmayo Tipo I
- Arena gruesa
- Yeso
- Máquina de ensayo a compresión
- Recipientes de plástico y badilejo
- Bolsa grande de hule
- Regla metálica con aproximación a 1 mm
- Nivel de mano



### 3.7.3.2. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería

#### Equipos y materiales

- Ladrillos de cemento.
- Cemento Sol Tipo I.
- Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI SEIZOSHO.
- Escuadras de acero.

### 3.8. Procedimientos

#### 3.8.1. Metodología de análisis de los materiales para la elaboración de las unidades de albañilería

##### 3.8.1.1. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos (NTP 400.012)

#### Muestra

Se redujo la muestra por cuarteo considerando lo siguiente:

*Agregado fino:* se utilizó una cantidad aproximada 700 g después de ser secado.

*Agregado grueso:* se utilizó una cantidad aproximada de 1000 g conforme a lo indicado en la normativa correspondiente.

#### Procedimiento

- Se seleccionaron los tamaños de los tamices de acuerdo al tipo de agregado a ensayar y encajarlos en orden decreciente, para el agregado grueso: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°50; y para el agregado fino: N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.

- Se colocó la muestra sobre el tamiz superior y se realizó el tamizado por medio de un tamizador mecánico, durante un período de 10 minutos.
- Se pesó el material retenido en cada tamiz.
- El peso total del material después de haber realizado el tamizado fue verificado con el peso original de la muestra ensayada inicialmente.

### **Cálculos**

- Se determinó el porcentaje retenido sobre cada tamiz, porcentaje retenido acumulado y porcentaje que pasa, con aproximación de 0.1% en base al peso total de la muestra ensayada.
- Se calculó el módulo de fineza mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 2. Módulo de fineza.

$$MF = \frac{\sum \text{tamices } N^{\circ}(8+16+30+50+100)}{100} \dots\dots (2)$$

### **3.8.1.2. Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022)**

#### **Muestra**

- Se redujo el agregado por cuarteo hasta obtener una muestra de 1 kg aproximadamente.
- Se colocó la muestra en un recipiente, vertiendo agua hasta cubrir el agregado. Se dejó reposar por 24 horas para que quede completamente saturado.
- Cumplido el tiempo de inmersión del agregado, se decantó cuidadosamente el agua evitando la pérdida de finos.

- Para iniciar el proceso de secado, se extendió la muestra sobre una bandeja, y se hizo uso de una secadora de cabello. Se procedió a secar la superficie de las partículas del agregado dirigiendo sobre ella una corriente de aire caliente, mientras se removía constantemente para que el secado sea uniforme.
- Luego se sujetó el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, se colocó la muestra y se apisonó ligeramente la superficie 25 veces con la barra de metal, luego se levantó el molde y se procedió de la siguiente manera: si la muestra mantiene la forma del molde cónico es que aún conserva humedad, por tanto se continuará secando la muestra, realizando frecuentemente la prueba del cono hasta que se produzca un primer desmoronamiento superficial, el cual indica que finalmente el agregado ha alcanzado la condición de superficie seca.

### **Procedimiento**

- Se introdujo en el frasco (fiola) una muestra de 200g de material previamente preparado, y se vertió agua hasta alcanzar la marca de 500 cm<sup>3</sup>.
- Se agitó el frasco, durante 20 minutos para eliminar todas las burbujas de aire atrapado.
- Luego se ajustó la temperatura del frasco y su contenido, luego se llenó el frasco hasta la capacidad calibrada. Se determinó el peso total del frasco, espécimen y agua.

- Finalmente se removió el agregado fino del frasco, se colocó en el horno a una temperatura constante de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  durante 24 horas, luego se registró el peso de la muestra seca.

### Cálculos

- Peso específico de masa ( $Pe_m$ ):

$$Pe_m = \frac{A}{B+S-C} \dots\dots (3)$$

Ecuación 3. Peso específico de masa del agregado fino.

- Absorción ( $Ab$ ):

$$Ab = \frac{S-A}{A} \times 100 \dots\dots (4)$$

Ecuación 4. Absorción del agregado fino.

Donde:

- A: Peso al aire de la muestra secada.
- B: Peso del frasco lleno de agua.
- C: Peso total del frasco con la muestra y llena de agua.
- S: Peso de la muestra saturada con superficie seca.

### 3.8.1.3. Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)

#### Muestra

- Se redujo el agregado por cuarteo hasta obtener una muestra aproximada de 2 kg según lo indicado en la normativa. Se descartó todo el material que pase la malla N°4, posteriormente se lavó para remover el polvo u otras impurezas superficiales.

## Procedimiento

- Se introdujo la muestra lavada al horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  por unas horas hasta que se visualice que no presente humedad, luego es retirado y enfriado hasta una temperatura soportable al tacto. Seguidamente es sumergido en agua a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas.
- Luego, se sacó la muestra del agua y se hizo rodar las partículas sobre un paño grande y absorbente, hasta que se eliminó el agua superficialmente visible. Enseguida se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.
- Una vez registrado el peso de la muestra, se colocó en el interior de la canastilla metálica, así mismo se determinó su peso sumergido en el agua. Se tomaron las precauciones necesarias para evitar la inclusión de aire en la muestra sumergida, agitando convenientemente.
- Se retiró el agregado del balde con agua y se llevó a un recipiente metálico vacío y limpio, el cual fue colocado en el horno a una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, finalmente se registró el peso de la muestra seca.

## Cálculos

- Peso específico de masa ( $P_{e_m}$ ):

$$P_{e_m} = \frac{A}{B-C} \dots\dots (5)$$

Ecuación 5. Peso específico de masa del agregado grueso.

- Absorción ( $A_b$ ):

$$A_b = \frac{B-A}{A} \times 100 \dots\dots (6)$$

Ecuación 6. Absorción del agregado grueso.

Donde:

- A: Peso en el aire de la muestra seca.
- B: Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca.
- C: Peso sumergido en agua de la muestra saturada.

#### **3.8.1.4. Peso unitario suelto y compactado de los agregados (NTP 400.017)**

##### **Muestra**

- Se redujo el agregado por cuarteo hasta obtener una cantidad suficiente para realizar el ensayo 3 veces tanto para el agregado fino como para el agregado grueso.

##### **Procedimiento**

###### **a. Peso unitario suelto**

- Se determinó el peso y volumen de los recipientes con medidas conocidas.
- Se llenó el recipiente con el cucharón desde una altura no mayor a 50 mm hasta que rebose el recipiente.
- Se enrasó el recipiente haciendo uso de la varilla de acero como si fuese una regla y se procedió a registrar el peso del recipiente más el agregado.

## b. Peso unitario compactado

- Se llenó el recipiente con agregado hasta alcanzar 1/3 de su capacidad, y se niveló la superficie con los dedos.
- Se apisonó la capa de agregado con 25 golpes distribuidos uniformemente, haciendo uso de la varilla 5/8” y evitando que este golpee el fondo del recipiente.
- Luego se llenó las 2/3 partes del recipiente, volviendo a emparejar la superficie con los dedos y apisonar como se describió anteriormente aplicando la fuerza necesaria para que la varilla atravesase solamente la capa respectiva.
- Luego se llenó el recipiente hasta el rebose y se apisonó otra vez. Una vez colmado el recipiente, se enrasó la superficie con la varilla, usándola como regla.
- Finalmente se registró el peso del recipiente lleno y peso del recipiente solo.

## Cálculos

Se calculó el peso unitario de los agregados con la siguiente fórmula:

$$M = \frac{G-T}{V} \dots\dots (7)$$

Ecuación 7. Peso unitario de los agregados.

Donde:

M = Peso unitario del agregado (kg/m<sup>3</sup>)

G = Peso del recipiente de medida más el agregado (kg)

T = Peso del recipiente (kg)

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

### 3.8.1.5. Contenido de humedad de los agregados

#### Muestra

- Siguiendo el método del cuarteo, se seleccionó muestras representativas de los agregados.

#### Procedimiento

- Se seleccionaron 3 muestras representativas de agregado y se colocaron sobre los recipientes previamente tarados.
- Se pesó y registró el peso de los recipientes con el agregado, con una precisión del 0.1%.
- Se colocó el recipiente con la muestra en el horno y se mantuvo una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.
- Se pesó y registró la masa de la muestra seca con una aproximación del 0.1%.

#### Cálculos

Se calculó el contenido de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{W-D}{D} \times 100 \dots\dots (8)$$

Ecuación 8. Contenido de humedad.

Donde:

P = Contenido total de humedad de la muestra (%)



W = Masa de la muestra húmeda original (g)

D = Masa de la muestra seca en (g)

### 3.8.2. Metodología de elaboración de las unidades de albañilería

**Figura 10**

*Metodología de elaboración de ladrillos*



### 3.8.3. Metodología de análisis de las unidades de albañilería

#### 3.8.3.1. Ensayos clasificatorios

Estos ensayos permiten clasificar a las unidades de albañilería desde el punto de vista estructural.

- **Ensayo de resistencia a la compresión**

Procedimiento

- Se colocó los especímenes (ladrillos) en la máquina de ensayo, previamente refrentado con yeso-cemento, alineando el centroide de la muestra con el centro de empuje de la rótula de la máquina.
- Se verificó que las muestras estén libres de humedad visible o manchas de humedad.

- Se aplicó la carga hasta la mitad de la máxima prevista después se ajustó los controles de la máquina para un recorrido uniforme del cabezal móvil.
- Se registró la carga de compresión máxima en kgf como  $P_{m\acute{a}x}$ .

### Cálculos

Se calculó el esfuerzo de compresión de la siguiente manera:

$$f'_b = \frac{P_{max}}{A_n} \dots\dots (9)$$

Ecuación 9. Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería

Donde:

$P_{max}$  = carga de compresión máxima (kgf)

$A_n$  = área neta ( $cm^2$ )

$f'_b$  = resistencia a la compresión ( $kg/cm^2$ )

- **Ensayo de variación dimensional**

#### Procedimiento

- Se tomaron las medidas en la parte media de cada cara (para largo, ancho y alto) y se promedió las cuatro medidas tomadas de cada cara, teniéndose  $L_p$ ,  $A_p$ ,  $H_p$  como medidas promedio, estas fueron medidas en milímetros.
- Se tomó en cuenta también la dimensión estándar de la unidad de albañilería para el cual fue diseñado, dichas dimensiones fueron  $L_e$ ,  $A_e$ ,  $H_e$ .

### Cálculos

Se calculó la variación dimensional como sigue:

$$V\% = \frac{100(D_e - D_p)}{D_e} \dots\dots (10)$$

Ecuación 10. Variación dimensional

Donde:

V% = variación dimensional (%)

D<sub>e</sub> = dimensión estándar (mm)

D<sub>p</sub> = dimensión promedio (mm)

- **Ensayo de alabeo**

#### Procedimiento

- Se colocó la unidad de albañilería sobre la superficie plana.
- La varilla recta se colocó sobre el ladrillo de forma diagonal en la cara de asiento o en la parte lateral de ladrillo, de acuerdo a la forma en que estaba posicionado el ladrillo y por consiguiente se registraron las medidas con mayor deflexión que había entre la varilla y el ladrillo dependiendo si eran superficies cóncavos o convexos.
- Las medidas registradas fueron tomadas con aproximación a 1 milímetro.
- Para cada ladrillo se registraron alrededor de una medida por cada cara.
- El alabeo fue el resultado promedio de cada ladrillo.

### 3.8.3.2. Ensayos no clasificatorios

Estos ensayos son importantes ya que permite definir el procedimiento constructivo de los muros de albañilería.

- **Ensayo de contenido de humedad**

#### Procedimiento

- Se registraron los pesos de los 05 ladrillos que fueron elegidos al azar después de los 28 días de fabricados. Estos vinieron a ser los pesos naturales y se registraron como Peso recibido ( $W_r$ ).
- Se llevaron las unidades de albañilería hacia el horno eléctrico y se dejó allí por un tiempo de 24 horas.
- Al día siguiente se retiraron las muestras con ayuda de guantes especiales y se tomó control de los pesos, estos fueron denominados Peso Seco ( $W_d$ ).

#### Cálculos

Se calculó el contenido de humedad empleando la siguiente fórmula:

$$W = \frac{W_r - W_d}{W_d} \times 100 \dots (11)$$

Ecuación 11. Contenido de humedad

Donde:

$W$  = contenido de humedad (%)

$W_r$  = peso recibido (g)

$W_d$  = peso seco (g)

- **Ensayo de absorción**

Procedimiento

- Con las mismas muestras anteriores después de haber sido retirado del horno y habiéndose obtenido la humedad natural de los ladrillos, se procedió a sumergirlos en agua a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas en un recipiente grande de plástico.
- Luego, se retiraron las muestras uno a uno, colocándolo sobre una superficie para que escurra el agua superficial y enseguida se le pasó con la tela de algodón, pero esta no se aplicó seca sino húmeda para quitar restos de agua.
- Enseguida, se procedió a pesar cada ladrillo y se registró su peso como Peso Saturado en agua fría ( $W_s^{24}$ ).
- Como ya se tenía los pesos secos al horno, no fue necesario introducirlos nuevamente para que se sequen.

Cálculos

Se calculó la absorción con la siguiente fórmula:

$$\text{Abs} = \frac{W_s^{24} - W_d}{W_d} \times 100 \dots (12)$$

Ecuación 12. Absorción

Donde:

Abs = absorción (%)

$W_s^{24}$  = peso saturado en agua fría (g)

$W_d$  = peso seco (g)

- **Ensayo de absorción máxima**

Procedimiento

- Con las mismas muestras del ensayo precedente se procedió a colocarlos sobre un recipiente metálico (olla) y enseguida fueron llevados a la cocina de leña hasta que se consiga el punto de ebullición y se mantuvo allí en el fuego por un periodo de 5 horas.
- Seguido, con sumo cuidado se procedieron a retirar las muestras y fueron colocados sobre una superficie para que se pueda escurrir un poco el agua.
- Luego, se le pasó a cada unidad con paño húmedo para retirar el agua superficial que aun tenían.
- Por consiguiente, se llevó cada ladrillo a la balanza para registrar su peso el cual fue denominado como peso saturado en agua caliente ( $W_s^5$ ).
- Los pesos secos ya se tenían registrados razón por la cual no era necesario llevar al horno a las muestras.

Cálculos

Se calculó la absorción máxima con la siguiente fórmula:

$$\text{Abs max.} = \frac{W_s^5 - W_d}{W_d} \times 100 \dots (13)$$

Ecuación 13. Absorción máxima

Donde:

Abs max. = absorción máxima (%)

$W_s^5$  = peso saturado en agua caliente (g)

$W_d$  = peso seco (g)

- **Ensayo de succión**

Procedimiento

- Las muestras de ladrillo se pusieron a secar a temperatura ambiente por un periodo de 4 horas.
- Se hizo las pesadas sucesivas necesarias hasta verificar que no haya variación en el peso en más de 0.2%.
- Enseguida se tomaron las medidas de largo y ancho de los ladrillos con aproximación a 1 mm.
- Luego, se preparó la bandeja incorporándolo agua hasta un nivel mayor de 3 mm por encima de los soportes de acero.
- Se colocó la muestra sobre los soportes e inmediatamente se tomó control del tiempo de 1 minuto mediante un cronómetro.
- Después se retiró la muestra de la bandeja y se le pasó una tela de algodón húmedo para quitar restos de agua que había en su superficie e inmediatamente se verificó su peso y se registró como  $W_{suc}$ .
- Este procedimiento se realizó para cada muestra.

Cálculos

Se calculó la succión mediante la siguiente fórmula:

$$Suc = \frac{W_{suc} - W_d}{A} \times 200 \dots \dots (14)$$

Ecuación 14. Succión.

Donde:

Suc = succión (g/cm<sup>2</sup>-min)

Wsuc = peso saturado (g)

Wd = peso seco (g)

A = área neta (cm<sup>2</sup>)

- **Ensayo de densidad**

Procedimiento

- Con las unidades sumergidas en agua fría por 24 horas del ensayo de Absorción, los cuales se retiraron y se dejaron escurrir y luego se pasó con una tela de algodón húmeda para retirar restos de agua, se registró su peso de cada muestra como  $W_s^{24}$ .
- Luego, se llenó de agua el balde con capacidad de 20L hasta las 4/5 partes del recipiente y se colocó sobre la balanza.
- Se preparó unos soportes para que sirvan de apoyo para dejar suspendido la unidad de albañilería dentro del balde con agua.
- Seguidamente se preparó con unos alambres una especie de canastilla, se colocó el ladrillo y se dejó suspendido del soporte que se preparó, la muestra quedó suspendido dentro del balde con agua y se registró el peso de la muestra como peso sumergido ( $W_i$ ).

Cálculos

Se calculó la densidad del ladrillo con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{W_d}{W_s^{24} - W_i} \times 1000 \dots \dots (15)$$



Ecuación 15. Densidad de ladrillo

Donde:

$D$  = densidad ( $\text{kg/m}^3$ )

$W_d$  = peso seco (g)

$W_s^{24}$  = peso saturado en agua fría (g)

$W_i$  = peso sumergido (g)

- **Ensayo de coeficiente de saturación**

Procedimiento

- Con los datos obtenidos del ensayo de absorción (peso saturado en agua fría) y el ensayo de absorción máxima (peso saturado en agua caliente) se procede a determinar el valor del coeficiente de saturación. Este procedimiento es netamente de cálculo puesto que ya se cuenta con los valores que se obtuvieron de los otros ensayos precedentes.

Cálculos

El coeficiente de saturación se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Coef. Sat.} = \frac{W_s^{24} - W_d}{W_s^5 - W_d} \dots\dots (16)$$

Ecuación 16. Coeficiente de Saturación

Donde:

$W_s^{24}$  = peso saturado en agua fría (g)

$W_s^5$  = peso saturado en agua caliente (g)

$W_d$  = peso seco (g)

### **3.8.4. Metodología de análisis de prismas: pilas y muretes**

#### **3.8.4.1. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería (Pilas) (NTP 399.605)**

##### **Muestra**

- Tres prismas construidos con el mismo tipo de ladrillo y ensayados a la misma edad.

##### **Procedimiento**

###### **a. Construcción de prismas**

- Se seleccionaron ladrillos de cemento que no presentaran imperfecciones, roturas o abolladuras y fueron limpiadas de partículas sueltas que presentaban en su superficie. Asimismo, se mojaron estas unidades antes de realizar el asentado.
- Luego se preparó mortero con una dosificación en volumen 1:4 (cemento: arena), empleando el cemento tipo I.
- Posteriormente se procedió a construir los prismas, de 3 ladrillos cada uno. Para ello se inició colocando la bolsa de hule sobre una superficie plana para cada prisma y sobre ello se efectuó el asentado de los ladrillos, rellenando con mortero toda la superficie de asiento de cada ladrillo con un tamaño de junta de 1.5 cm y a la vez con ayuda del nivel de mano se aseguró la verticalidad del prisma y la horizontalidad de cada ladrillo asentado.

- Después de la construcción de cada prisma se selló la bolsa ajustándolo lo suficiente para que se mantenga la humedad alrededor del prisma.

#### **b. Curado**

- Los prismas fueron curados en las primeras 48 horas después de contruidos, y se mantuvo en bolsas a una temperatura ambiente. Dos días antes del ensayo se retiraron dichas bolsas, pero se mantuvieron a la misma temperatura dentro del laboratorio.
- Medición y determinación del área neta
- Se midieron la longitud y ancho en ambos bordes de la cara superior e inferior de los prismas y se determinó la longitud y ancho del prisma promediando las cuatro medidas de cada dimensión. Asimismo, se midió la altura del prisma en el centro de cada cara, y se determinó la altura del prisma promediando las cuatro medidas.
- El área neta de sección transversal de los prismas es la misma área de sección transversal de las unidades de albañilería consideradas, variando para cada prisma ya que no todos los ladrillos tienen una misma área neta.

#### **c. Refrentado**

- El refrentado fue con mezcla 1:1 (yeso: cemento), el cual sirvió para nivelar la cara lisa de la primera unidad (ladrillo inferior) así como la cara ranurada (ladrillo superior) de cada pila.

#### d. Ensayo a compresión

- Se limpió las caras de carga de los platos de la máquina, las placas de apoyo y el prisma.
- Luego se colocó el prisma en el plato inferior de la máquina de ensayo y se alineó para que quede al centro de los ejes de la máquina.
- Enseguida se aplicó la carga vertical al prisma hasta que se produzca alguno de los modos de falla y se tomó nota de la carga máxima soportada.

#### Cálculos

Ecuación 17. Resistencia del prisma de albañilería

$$f'_m = \frac{P}{A_n} \dots\dots (17)$$

Ecuación 18. Resistencia a la compresión de la albañilería.

$$f_{mt} = f'_m \times \text{factor de corrección} \dots\dots (18)$$

Donde:

$f'_m$ : resistencia específica del prisma (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_{mt}$ : resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm<sup>2</sup>)

P: carga máxima soportada (kg)

$A_n$ : área neta de sección transversal del prisma (cm<sup>2</sup>)

Factor de corrección: valor obtenido de la Tabla 1 de la NTP 399.605 después de obtener la relación  $h_p/t_p$ . ( $h_p$ : altura del prisma y  $t_p$ : menor dimensión lateral del prisma).

### **3.8.4.2. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería (NTP 399.621)**

#### **Muestra**

- Muretes de 60x60 cm<sup>2</sup> elaborados con ladrillos de cemento

#### **Procedimiento y cálculos**

- Este ensayo fue realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) de la Universidad Nacional de Ingeniería y la metodología de ensayo consignada en el informe de resultados del LEM es la NTP 399.621 y E-070 del RNE. Asimismo, siguieron el procedimiento interno AT-PR-08.
- Los cálculos se realizaron bajo los lineamientos estipulados en las normativas mencionadas.

# CAPÍTULO IV

# RESULTADOS Y

# DISCUSION

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Análisis e interpretación de resultados

#### 4.1.1. Resultados del análisis de los materiales para la elaboración de las unidades de albañilería

##### 4.1.1.1. Agregado grueso

##### 4.1.1.1.1. Granulometría

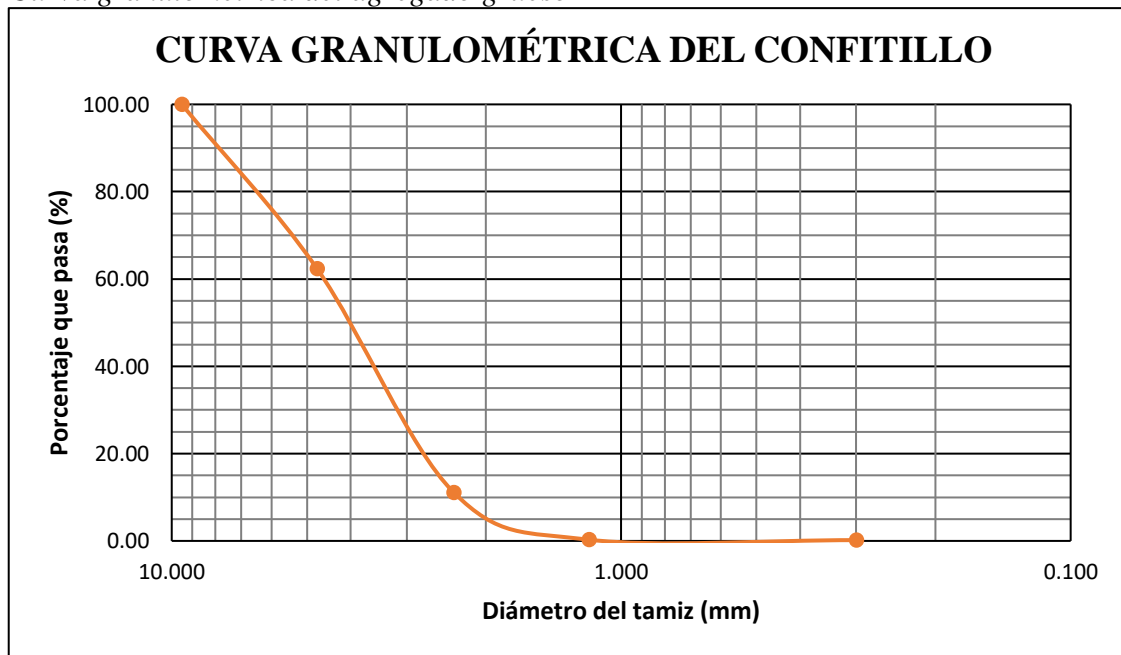
Material	: Confitillo
Proveedor	: Cantera Medina
T.M.N.	: 4.75 mm (# 04)
Muestra (peso)	: 1175.20 gr

**Tabla 12**

*Análisis granulométrico del agregado grueso*

N°	TAMIZ ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULA DO (%)	% QUE PASA
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.0 0
N° 4	4.750	442.20	37.63	37.63	62.37
N° 8	2.360	602.10	51.23	88.86	11.14
N° 16	1.180	127.60	10.86	99.72	0.28
N° 50	0.300	1.20	0.10	99.82	0.18
CAZOLETA	-	2.10	0.18	100.00	0.00

**Figura 11.**  
*Curva granulométrica del agregado grueso*



#### 4.1.1.1.2. Propiedades físicas del agregado grueso

**Tabla 13**

*Propiedades físicas del agregado grueso*

Propiedades físicas	Unidad	Valor
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	2.38
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1311.03
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1453.10
Contenido de humedad	%	0.31

#### 4.1.1.2. Agregado fino

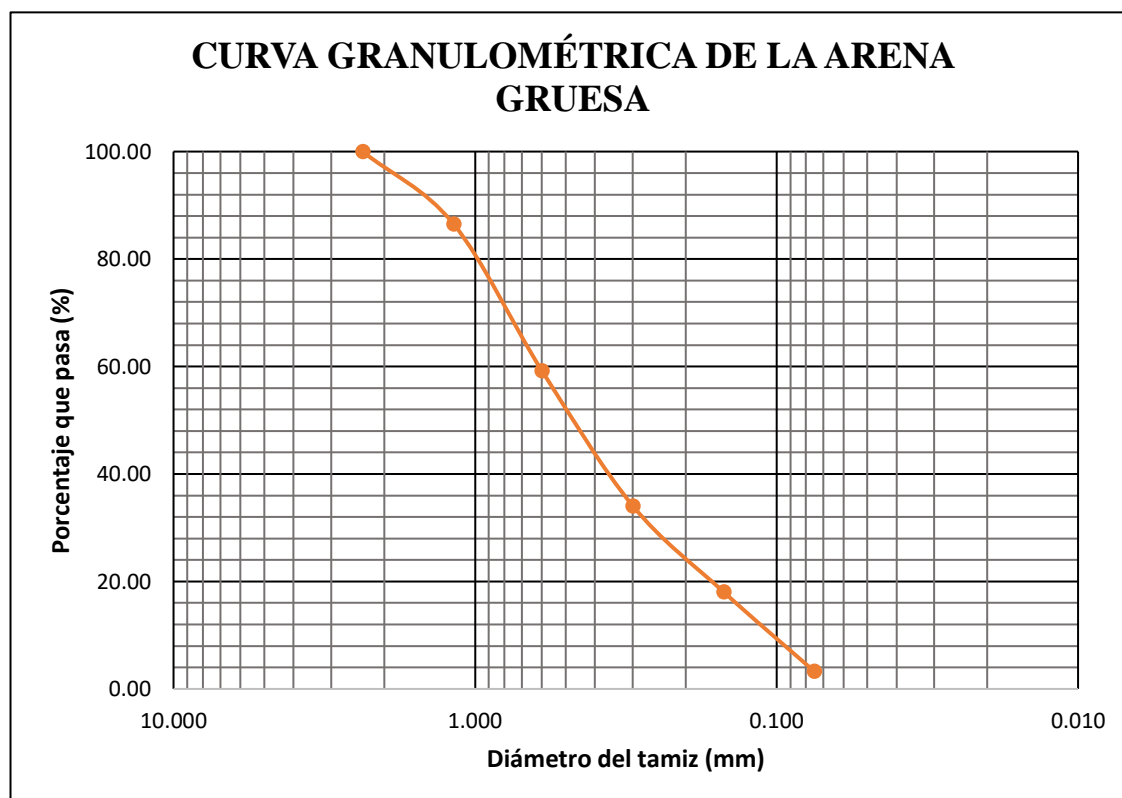
##### 4.1.1.2.1. Granulometría

Material	: Arena Gruesa
Proveedor	: Cantera Medina
T.M.N.	: 1.18 mm (# 16)
Muestra (peso)	: 779 gr



**Tabla 14**
*Análisis granulométrico del agregado fino*

N°	TAMIZ ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
N° 8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 16	1.180	104.60	13.43	13.43	86.57
N° 30	0.600	213.10	27.36	40.78	59.22
N° 50	0.300	195.70	25.12	65.91	34.09
N° 100	0.150	124.70	16.01	81.91	18.09
N° 200	0.075	115.40	14.81	96.73	3.27
CAZOLETA	-	25.50	3.27	100.00	0.00

**Figura 12.**
*Curva granulométrica del agregado fino.*


#### 4.1.1.2.2. Propiedades físicas del agregado fino

**Tabla 15**
*Propiedades físicas del agregado fino*

Propiedades físicas	Unidad	Valor
Módulo de fineza	-	2.99
Peso específico	gr/cm <sup>3</sup>	2.74
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1452.76
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1470.14
Contenido de humedad	%	2.31
Absorción	%	1.06

#### 4.1.2. Diagnóstico de las unidades de albañilería en Nuevo Chimbote

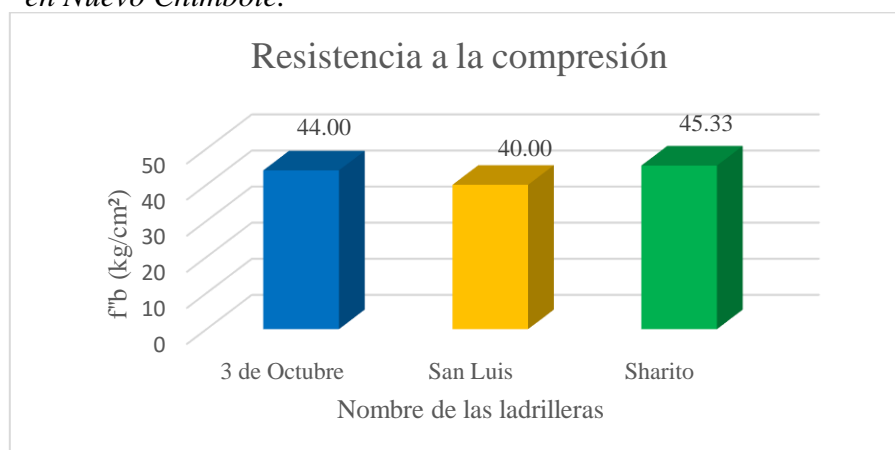
Luego de realizadas las visitas a los puntos de elaboración de ladrillos artesanales de cemento en Nuevo Chimbote, los cuales fueron tres ladrilleras: 3 de Octubre, San Luis y Sharito; se verificó que existen diversos factores por los que los resultados pueden variar; al ser la elaboración manual, la fuerza del hombre es decreciente durante una jornada de trabajo provocando resultados variados.

**Tabla 16**
*Resistencia a la compresión de ladrillos elaborados en Nuevo Chimbote*

Nombre de las ladrilleras	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
3 de octubre	44.00
San Luis	40.00
Sharito	45.33

**Figura 13.**

Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados en Nuevo Chimbote.



Comentario: Como nos muestra los resultados de los análisis de resistencia a la compresión del concreto, se verifica que, de las diferentes ladrilleras no pasado los 50kg/cm<sup>2</sup> mínimo exigible por el numeral 5.2. del artículo 5 de la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, para ser considerado una unidad de albañilería de tipo I. Este criterio, le da la clasificación estructural, la cual nos conlleva a la aceptación de la unidad y para el diseño de los sistemas de construcción. Si bien los ladrillos de “Sharito” están más próximos a los resultados esperados, estos no cumplen con las condiciones mínimas requeridas, se han identificado algunas posibles causas de los resultados mostrados en el cuadro de barras. Tuvimos la oportunidad de ser partícipes de una jornada de trabajo en cada uno de las ladrilleras indicadas, de las cuales, es preciso indicar que el proceso constructivo, los materiales utilizados y las herramientas, son piezas fundamentales, para la obtención de resultados óptimos.

En el proceso de elaboración de ladrillos artesanales por las ladrilleras, los materiales usados no son sometidos a ensayos y procedimientos estandarizados, es decir, no existe un control de calidad de los materiales ni de los ladrillos, por tanto, la adquisición de estos no garantiza un desempeño seguro en las construcciones.

Todo ello, nos hace reflexionar la calidad de producto que estas ladrilleras proporcionan a la población, quienes, por ahorrar algunas monedas u otros factores, han dejado de lado la seguridad de las edificaciones y provocan altos índices de riesgos ante fenómenos naturales en el distrito de Nuevo Chimbote.

De acuerdo a las consultas a los diferentes responsables de las ladrilleras artesanales visitadas, nos indicaron su dosificación (conocida como tandas) que

de manera empírica han establecido para obtener el ladrillo de cemento. De acuerdo a esa información recolectada y los antecedentes investigados, se consideró trabajar 3 tipos de dosificaciones en la presente investigación: 1:8:2; 1:6:3 y 1:7:3 (cemento: agregado fino: agregado grueso) para determinar nuestro ladrillo patrón.

#### 4.1.3. Resultados del diseño de las unidades de albañilería

##### 4.1.3.1. Ladrillo de cemento (ladrillo patrón)

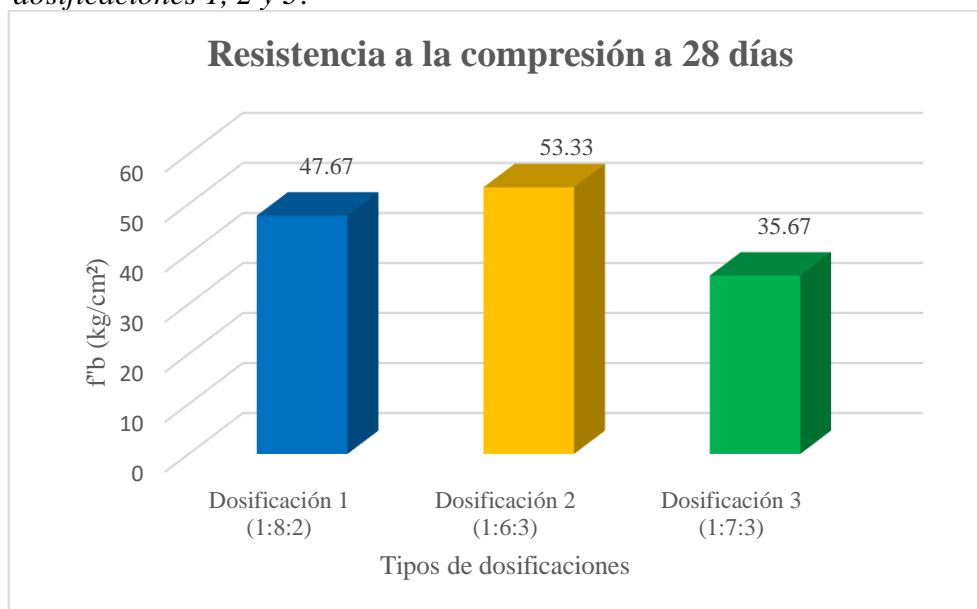
**Tabla 17**

*Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones 1, 2 y 3.*

Tipos de Dosificaciones	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
Dosificación 1 (1:8:2)	47.67
Dosificación 2 (1:6:3)	53.33
Dosificación 3 (1:7:3)	35.67

**Figura 14**

*Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones 1, 2 y 3.*



Comentario: Luego de clasificar los materiales de acuerdo a lo señalado por las normas técnicas peruana establecidas, obtener las características de los mismos a través de los ensayos clasificados y algunas recomendaciones de los artesanos, de

quienes tuvimos la oportunidad de conocer su empírico conocimiento, procedimos a elaborar unidades de albañilería con 3 dosificaciones diferentes, para los cuales nos arrojó resultados plasmados en cuadro de barras mostrado en la Figura 14. Luego de realizar la rotura de las unidades necesarias para nuestra muestra, se obtuvo que los ladrillos con dosificación 2 (ver imagen) han superado el valor de la resistencia a la compresión mínima requerida ( $50\text{kg/cm}^2$ ), de acuerdo a la normativa mencionada en el comentario de la imagen precedente.

Los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a los 28 días de los ladrillos con tres dosificaciones distintas, tal como se muestra en la Tabla 17, nos indica que la dosificación con mejor resultado es la Dosificación 2 (1:6:3) con un  $f_c$  de  $53.33\text{ kg/cm}^2$ , esta dosificación viene a ser el ladrillo patrón, la cual fue la representativa para los ensayos con PET y aditivos químicos.

#### 4.1.3.2. Ladrillo patrón con PET

**Tabla 18**

*Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A, B y C.*

Tipos de Dosificaciones con PET	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )
Dosificación A: (1:6:3) + 20% PET.	47.67
Dosificación B: (1:6:3) + 40% PET	39.00
Dosificación C: (1:6:3) + 55% PET	31.33

Comentario: Con fines de mejorar la propiedad de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se procedió a añadir porcentajes de PET a la mejor dosificación obtenida en el procedimiento anterior (1:6:3).

El cuadro de barras que nos muestra la Figura 15, nos presenta resultados de unidades de albañilería con dosificación 1:6:3 con 20%, 40% y 55% de PET, de

las cuales, ninguna de estas ha superado la resistencia mínima requerida para poder ser considerada por lo menos, de tipo I con 50kg/cm<sup>2</sup>.

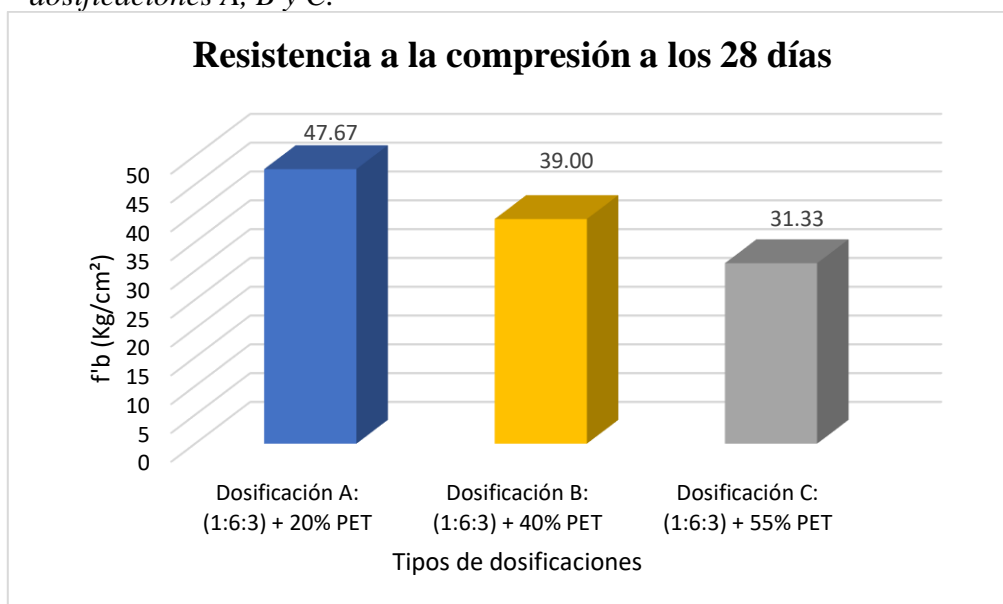
Los resultados de estas combinaciones, nos arrojó unidades de albañilería demasiado porosas, ello debido a la dimensión de las partículas de PET. En la ciudad de Chimbote y sus alrededores, no se cuenta con alguna planta con el equipo necesario que triture este último material con los fines requeridos para la presente investigación, lo cual hubiese sido lo óptimo, luego de estudiar los antecedentes; sin embargo, nuestra intención va más allá de un nuevo conocimiento, es también obtener un nuevo elemento que compita en el mercado de la construcción en calidad y costo.

Del mismo modo, luego de los ensayos realizados, identificamos durante el proceso constructivo, que las unidades con los diferentes porcentajes de PET, se desvanecían muy rápido, haciendo tedioso el proceso. Identificamos que, la mano de obra no está acostumbrada al material, provocando la disminución de rendimiento, pérdida de grandes cantidades de materiales y poca trabajabilidad en la mezcla. Estas características nos hacen pensar en otra alternativa que nos ayude a controlar estas características, buscando soluciones en aditivos.

A pesar de que ninguna de las dosificaciones ha superado el valor mínimo requerido para la resistencia a la compresión de 50kg/cm<sup>2</sup>, optamos por la primera (dosificación A) a la cual, con la ayuda de aditivos estudiados y disponibles en el mercado, nos puedan ayudar a mejorar esta característica y cumplir con los objetivos de la presente investigación.

**Figura 15.**

Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión a 28 días de las dosificaciones A, B y C.



Los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión a los ladrillos con dosificación 2 (1:6:3) e incorporados PET en porcentajes de 20%, 40% y 55%, muestran que la dosificación A es la que presenta mejor comportamiento frente a carga axial, por tanto, ésta es la que fue evaluada con la incorporación de aditivos químicos.

#### 4.1.3.3. Ladrillo de cemento con dosificación "A" y aditivo acelerante de fragua

**Tabla 19**

Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo acelerante de fragua.

Tipos de Dosificaciones "A" con aditivo acelerante de fragua	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
Dosif. "A" + 2% Acelerante fragua	54.33
Dosif. "A" + 4% Acelerante fragua	59.00
Dosif. "A" + 6% Acelerante fragua	51.33

Comentario: El gráfico de barras que nos presenta la Figura 16, es el reflejo de los resultados de las unidades de albañilería diseñados con dosificación A y acelerantes de fragua en proporciones de 2%, 4% y 6%. Estos valores han sido considerados de acuerdo a investigaciones indicadas en los antecedentes, en las cuales con

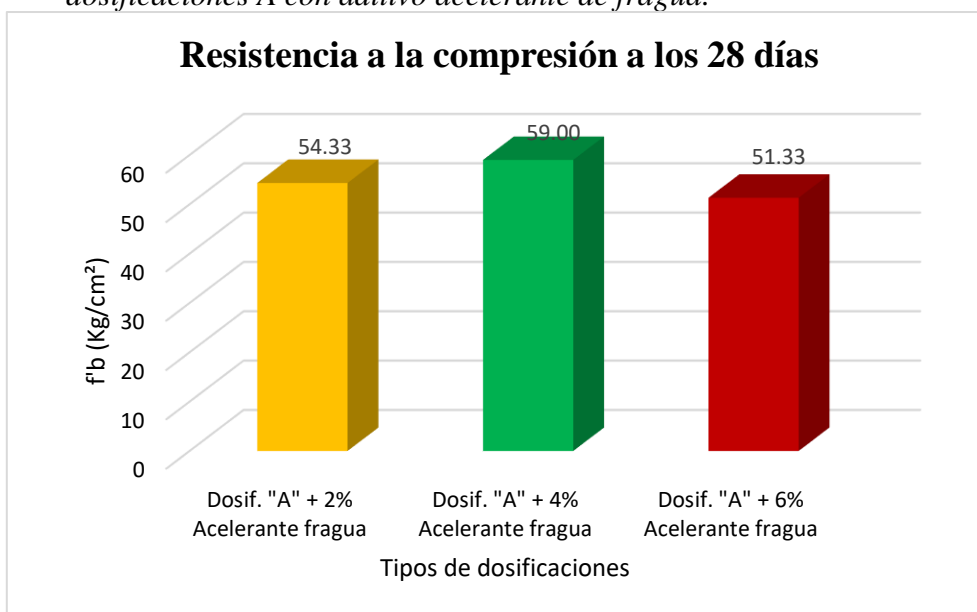
proporciones similares a estas han obtenido resultados similares a los que esta investigación busca.

Al ser testigos del desvanecimiento apresurado que provoca el PET en las mezclas para la fabricación de las unidades de albañilería, hemos optado por experimentar el acelerante de fragua, con la finalidad de acelerar el proceso que lleva por nombre (fraguado), adoptar la dureza de las unidades y esta pueda ser permanecer dentro del molde por mayor tiempo.

Los resultados obtenidos y plasmados en el cuadro de la figura 16, nos hace mejorar la propiedad analizada (resistencia a la compresión) con un promedio de 59kg/cm<sup>2</sup>, teniendo como mejor resultado aquellas unidades a las que se le añadió 4% de acelerante de fragua a la dosificación A. Sin embargo, perdura los bajos rendimientos en mano de obra y desperdicio de materiales.

**Figura 16.**

*Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión a 28 días de las dosificaciones A con aditivo acelerante de fragua.*



El aditivo empleado para esta experimentación fue Acelerante de Fragua y Resistencias de la marca Sika, el cual indica que su uso está destinado para mezclas



de concreto y mortero. La unidad de análisis fueron ladrillos de cemento o como también se les conoce ladrillos de concreto, por tanto, el aditivo antes expuesto sí era posible emplearlo en el desarrollo de nuestra investigación y determinar sus propiedades más adelante como se verá en el desarrollo de los siguientes resultados.

#### 4.1.3.4. Ladrillo de cemento con dosificación “A” y aditivo plastificante

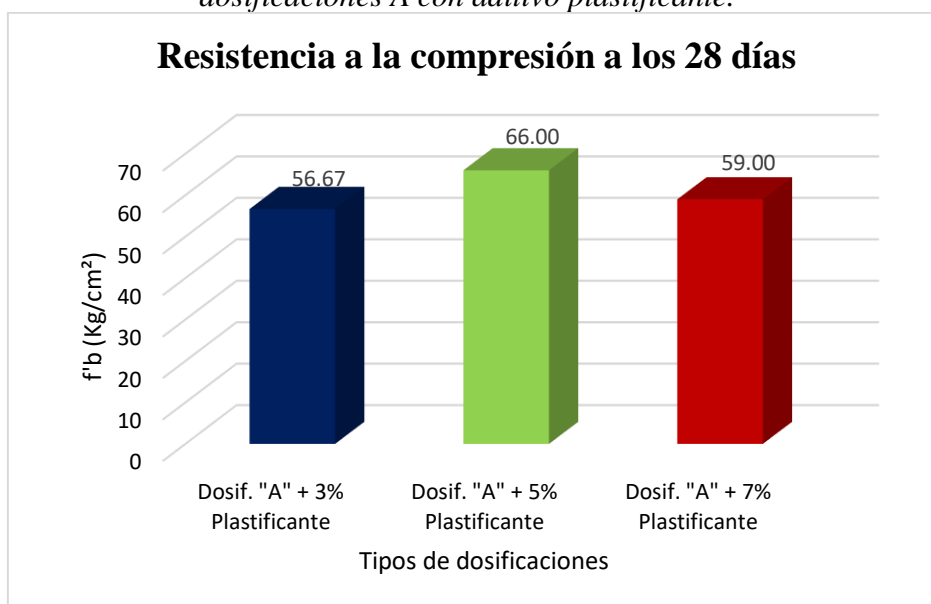
**Tabla 20**

*Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo plastificante.*

Tipos de Dosificaciones "A" con aditivo plastificante	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
Dosif. "A" + 3% Plastificante	56.67
Dosif. "A" + 5% Plastificante	66.00
Dosif. "A" + 7% Plastificante	59.00

**Figura 17.**

*Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión a 28 días de las dosificaciones A con aditivo plastificante.*



Comentario: Del mismo modo, se optó por analizar las unidades de albañilería diseñadas con la dosificación A añadiendo aditivo plastificante en porcentajes de 3%, 5% y 7% de acuerdo a lo estudiado en las investigaciones de los antecedentes, con el objetivo de mejorar la característica de trabajabilidad.

El aditivo seleccionado, permite que las partículas de la mezcla preparada se compenetren entre sí, buscando la unión entre el PET y los demás materiales que intervienen en la mezcla. Se necesitaba contar con una nueva mezcla que permita su trabajabilidad en el proceso artesanal que estas unidades requieren. El aditivo empleado es de la marca Sika el cual se denomina Super Plastificante y está permitida su uso en mezclas de concreto y mortero. Al igual que con el aditivo acelerante, este también fue posible emplearlo en nuestra investigación y evaluar posteriormente las propiedades de los ladrillos.

Luego de los resultados mostrados en la Figura 17, vemos que las diferentes unidades analizadas han superado el valor mínimo requerido por la normativa, alcanzado su mejor valor de  $66\text{kg/cm}^2$  para las unidades trabajadas con la dosificación A + 5% de aditivo plastificante.

Ante la comparativa entre ambos aditivos, definimos que se amolde a nuestro objetivo esta última unidad obtenida. A partir de estos resultados, se consideró definir el ladrillo modificado a los elaborados con la dosificación A (1:6:3 + 20%PET) + 5% de aditivo plastificante, para el cual se procedió a elaborar más especímenes que nos permita continuar con la investigación en las demás propiedades.

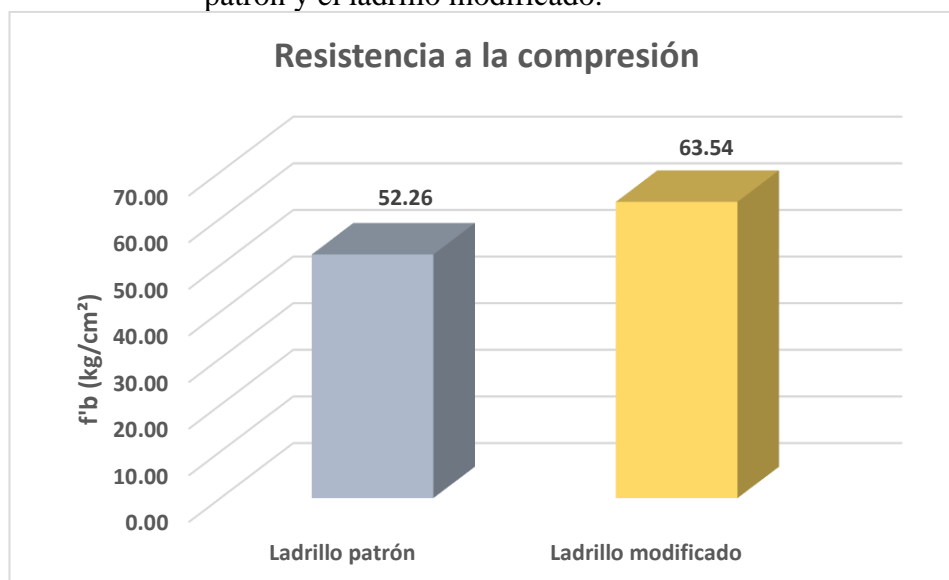
#### 4.1.4. Resultados del análisis de las unidades de albañilería

##### 4.1.4.1. Ensayos clasificatorios

##### 4.1.4.1.1. Resistencia a la compresión

**Figura 18**

Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión a 28 días del ladrillo patrón y el ladrillo modificado.



Comentario: La Figura 18 nos muestra una comparación para el ensayo de resistencia a la compresión de dos unidades diferentes: la primera “ladrillo patrón”, pertenecen a las unidades elaboradas con la dosificación 1:6:3, mientras que el “ladrillo modificado” es la unidad con la misma dosificación, más 20%PET y 5% de aditivo plastificante. Los resultados se obtuvieron de las tablas contenidas en el Anexo 3 referente a Ensayos Clasificatorios (Resistencia a la compresión).

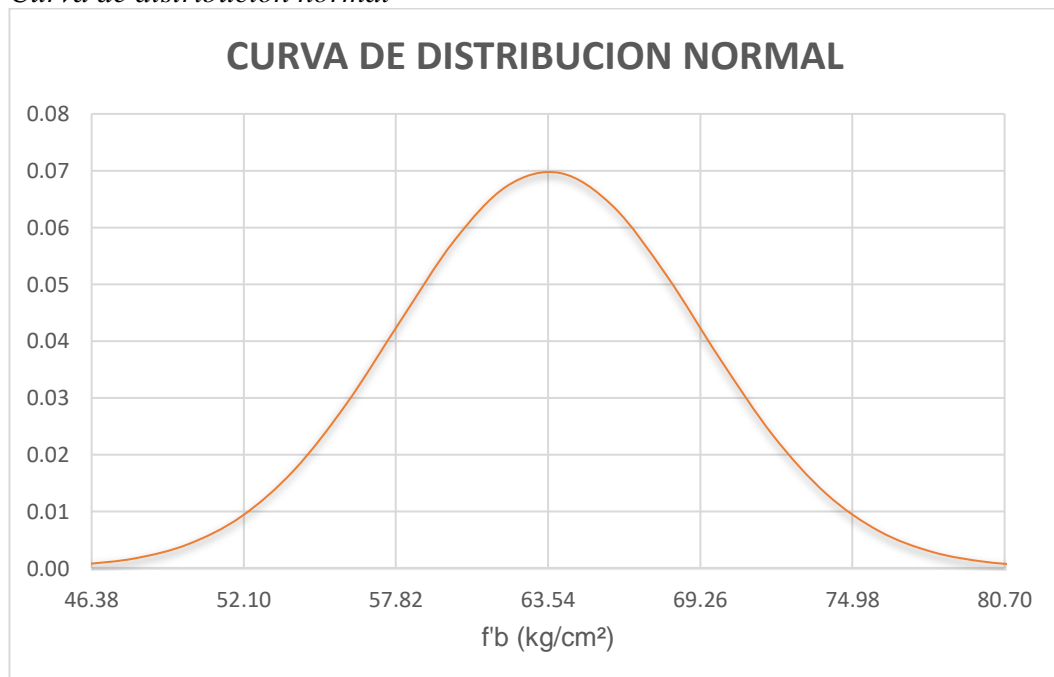
Podemos ver que, para el ladrillo modificado, ha mejorado su resultado. Ambos han superado el valor mínimo requerido por la normativa, sin embargo, el ladrillo modificado presenta una amplia ventaja respecto al patrón. El aditivo plastificante ha cumplido con su trabajo al recomodar las partículas de la mezcla, haciendo que entre ellas puedan mejorar su adherencia, disminuyendo la cantidad de poros y arrojando ladrillos más compactos.

**Tabla 21**  
*Parámetros estadísticos*

Descripción	Valor
Cantidad	35.00
Media	63.54
Desviación Estándar	5.72
Máximo	75.00
Mínimo	52.00

En la tabla 21 se obtuvieron resultados de parámetros estadísticos del ladrillo modificado para posteriormente realizar la gráfica de distribución normal. En esta tabla se aprecia que se efectuó el ensayo de resistencia a la compresión de 35 ladrillos modificados (Tabla del Anexo 3), teniendo un promedio de 63.54 kg/cm<sup>2</sup>, con una desviación estándar de 5.72, un valor máximo de resistencia a la compresión de 75 kg/cm<sup>2</sup> y un valor mínimo de 52 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 19**  
*Curva de distribución normal*



Se realizó la gráfica de la curva de distribución normal teniendo en cuenta la desviación estándar de 5.72, y teniendo como valor central a 63.54 kg/cm<sup>2</sup> el cual

representa a la media estadística. A partir del valor central se consideró 3 desviaciones estándar a la izquierda y 3 a la derecha para realizar las interpretaciones respecto a la probabilidad de 68.00%, 95.10% y 99.70%.

**Tabla 22**  
*Probabilidad de ocurrencia*

Porcentaje	Intervalo	
	A (kg/cm <sup>2</sup> )	B (kg/cm <sup>2</sup> )
68.00%	57.82	69.26
95.10%	52.10	74.98
99.70%	46.38	80.70

En la Tabla 22 sobre la probabilidad de ocurrencia los resultados indican que se tiene la probabilidad de que el 68% de ladrillos elaborados con la dosificación 1:6:3 + 20%PET + 5% Aditivo Plastificante (ladrillos modificados) posean una resistencia a la compresión a los 28 días de curado comprendida entre 57.82 y 69.26 kg/cm<sup>2</sup>. Así también, se tiene la probabilidad de que el 95.10% de ladrillos modificados alcancen una resistencia a la compresión a los 28 días de curado comprendida entre 52.10 y 74.98 kg/cm<sup>2</sup>. Además, se tiene la probabilidad de que el 99.70% de ladrillos modificados alcancen una resistencia a la compresión a los 28 días de curado comprendida entre 46.38 y 80.70 kg/cm<sup>2</sup>.

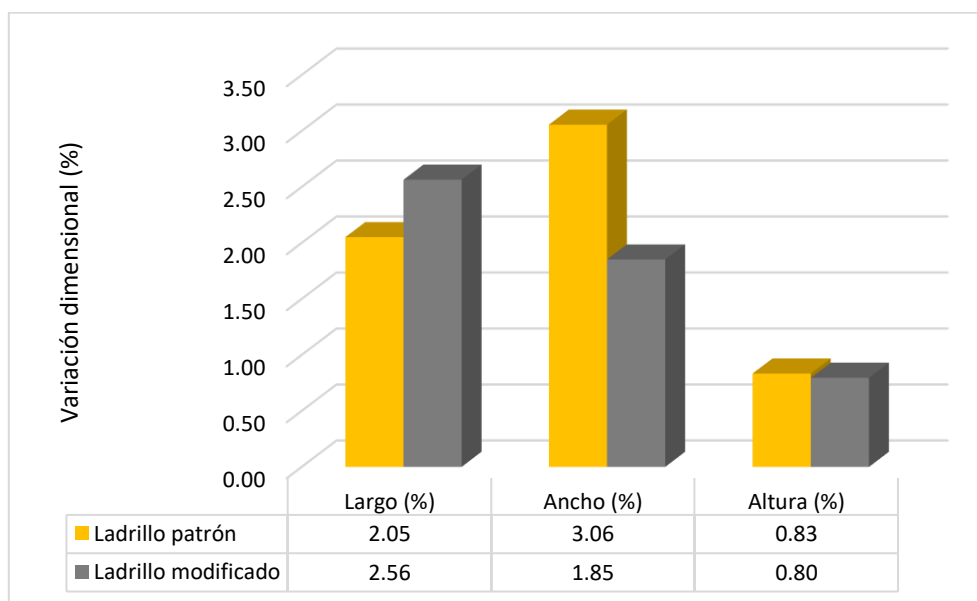
#### 4.1.4.1.2. Variación dimensional

**Tabla 23**  
*Ensayo de variación dimensional de ladrillo patrón y ladrillo modificado.*

Espécimen	Largo (%)	Ancho (%)	Altura (%)
Ladrillo patrón	2.05	3.06	0.83
Ladrillo modificado	2.56	1.85	0.80

**Figura 20**

Gráfico comparativo de la variación dimensional de los lados del ladrillo patrón y el ladrillo modificado.



Comentario: La Tabla 23 y Figura 20 nos muestran los resultados de la variación dimensional de ambos ladrillos, resultados de los experimentos (patrón y modificado), para los cuales ambos tienen resultados aceptables, siendo las unidades de ladrillo patrón las de menor variación en largo y altura, sin embargo, en ancho, la menor dispersión es de las unidades de ladrillo modificado.

Cabe recalcar que, ambos están cumpliendo con lo requerido por el numeral 5.2 del artículo 5, del capítulo 3 de la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Haciendo la unidad aceptable y dándole la clasificación de tipo I.

#### 4.1.4.1.3. Alabeo

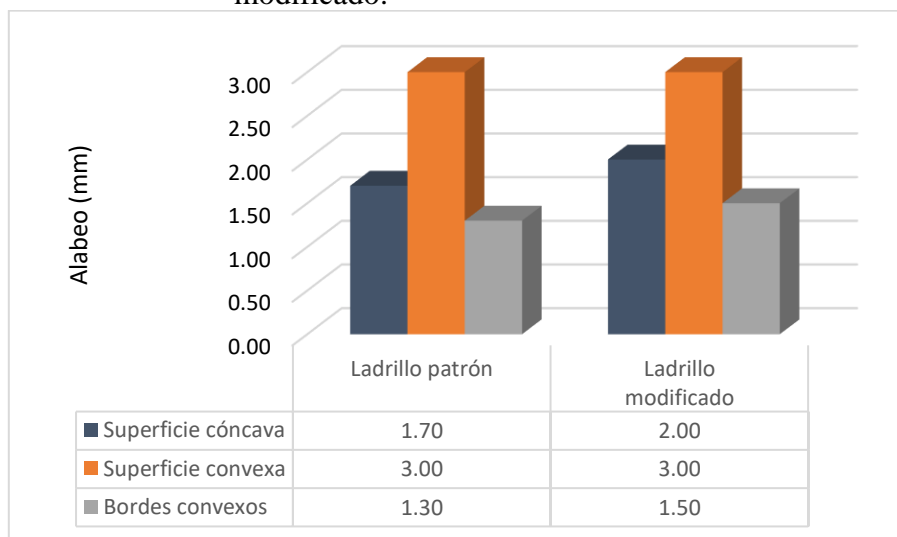
**Tabla 24**

Ensayo de medición del alabeo en las unidades de albañilería: ladrillo patrón y ladrillo modificado.

Especimen	Alabeo (mm)		
	Superficie cóncava	Superficie convexa	Bordes convexos
Ladrillo patrón	1.70	3.00	1.30
Ladrillo modificado	2.00	3.00	1.50

**Figura 21**

Gráfico comparativo de la medición del alabeo de los ladrillos patrón y modificado.



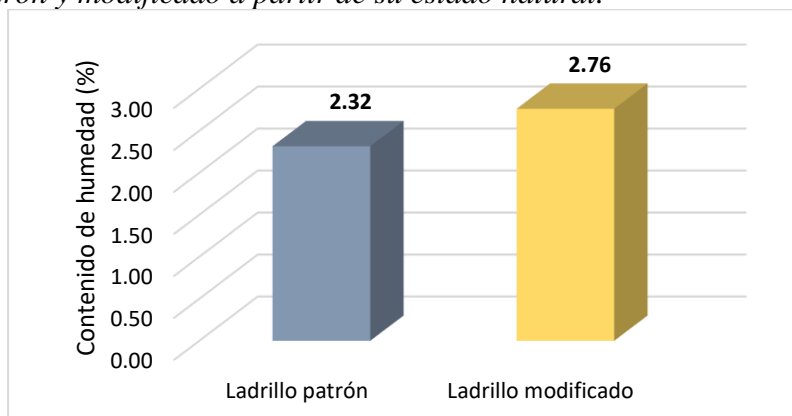
Comentario: Del mismo modo, se realizó el ensayo de alabeo, el cual muestra los resultados plasmados en el gráfico de barras de la Figura 21. En la comparativa de ambos ladrillos, se han obtenido valores relativamente bajos, los cuales hacen aceptables a las unidades, persistiendo en la clasificación de tipo I de acuerdo a la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### 4.1.4.2. Ensayos no clasificatorios

##### 4.1.4.2.1. Contenido de humedad

**Figura 22**

Gráfico comparativo del contenido de humedad propio de los ladrillos patrón y modificado a partir de su estado natural.

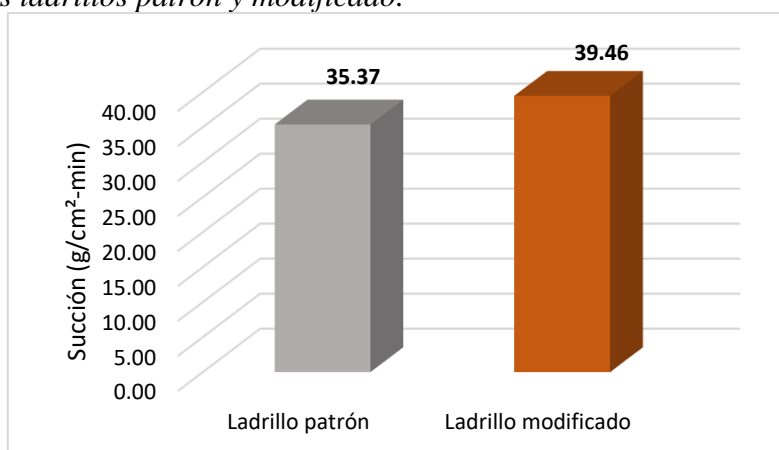


Comentario: el gráfico de barras plasmado en la Figura 22, nos muestra los resultados del ensayo no clasificatorio del contenido de humedad, el cual nos indica que el ladrillo modificado contiene mayor agua que el patrón. Luego de lo observado, podemos indicar que ha ello ha sido influenciado a la cantidad de PET contenido en el ladrillo modificado, siendo una de las razones analizadas la cantidad de poros que este material deja en las unidades, permitiendo almacenar mayores cantidades de partículas de agua en el mismo.

#### 4.1.4.2.2. Succión

**Figura 23**

*Gráfico comparativo de los resultados obtenidos del ensayo de succión a los ladrillos patrón y modificado.*



Comentario: el gráfico en la Figura 23 nos muestra una comparación entre los resultados de succión obtenidos a ambas unidades de albañilería (patrón y modificado), los mismos que han superado lo recomendado de 10 a 20 gr/200cm<sup>2</sup>-min por el artículo 10 de la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

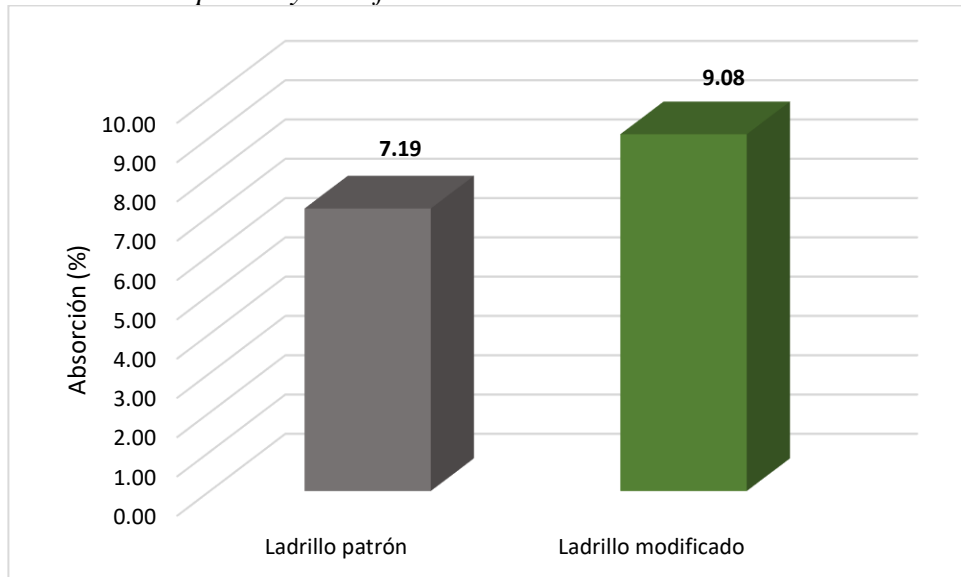
Este resultado, nos permite conocer la relación que tendrá la unidad con el material de unión (mortero), facilitando o no la adherencia y su posterior compactación de la misma. Al tener sus valores más altos a los recomendados, no permitirá la correcta unión a través del mortero.



#### 4.1.4.2.3. Absorción

**Figura 24**

*Gráfico comparativo de los resultados obtenidos del ensayo de absorción a los ladrillos patrón y modificado.*

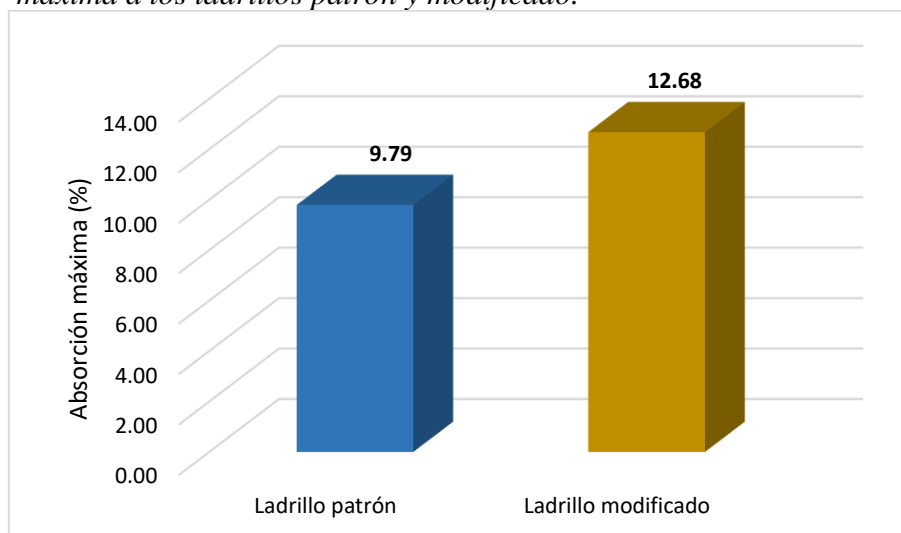


Comentario: el gráfico en la Figura 24, compara los resultados del ensayo de absorción, los cuales han controlado la cantidad de agua que las unidades pueden retener. Resulta que para el ladrillo modificado presenta un mayor porcentaje, esto debido a los posibles vacíos que deja el PET dentro de las unidades.

#### 4.1.4.2.4. Absorción máxima

**Figura 25**

*Gráfico comparativo de los resultados obtenidos del ensayo de absorción máxima a los ladrillos patrón y modificado.*

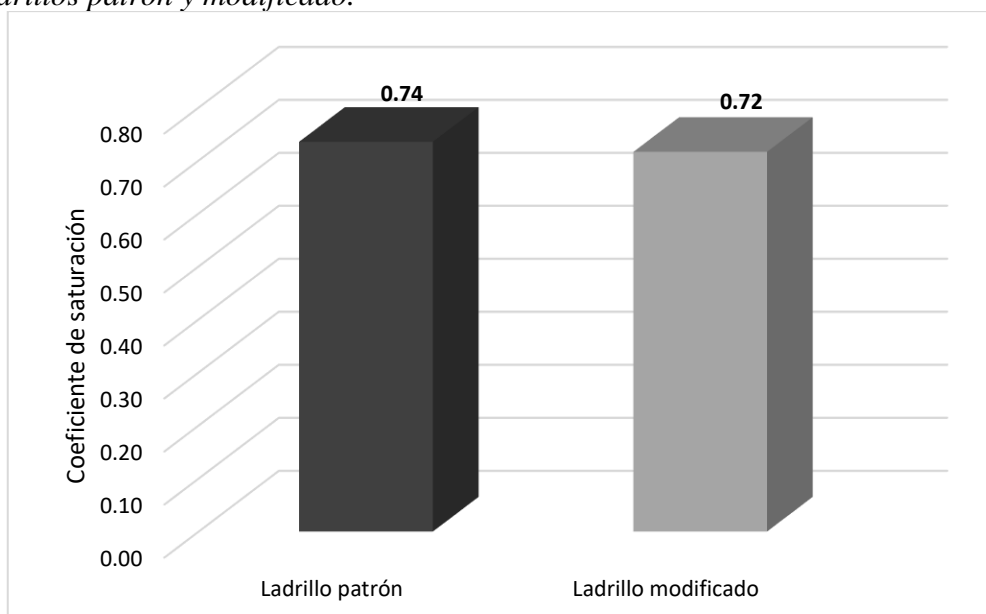


Comentario: persiste en el cuadro comparativo la mayor absorción del ladrillo modificado. A pesar que los valores no son relativamente altos, estos nos van a definir en campo la clasificación de estas unidades y su aceptación para ciertas obras en contacto con el agua.

#### 4.1.4.2.5. Coeficiente de saturación

**Figura 26**

*Gráfico comparativo de los resultados de coeficiente de saturación de los ladrillos patrón y modificado.*

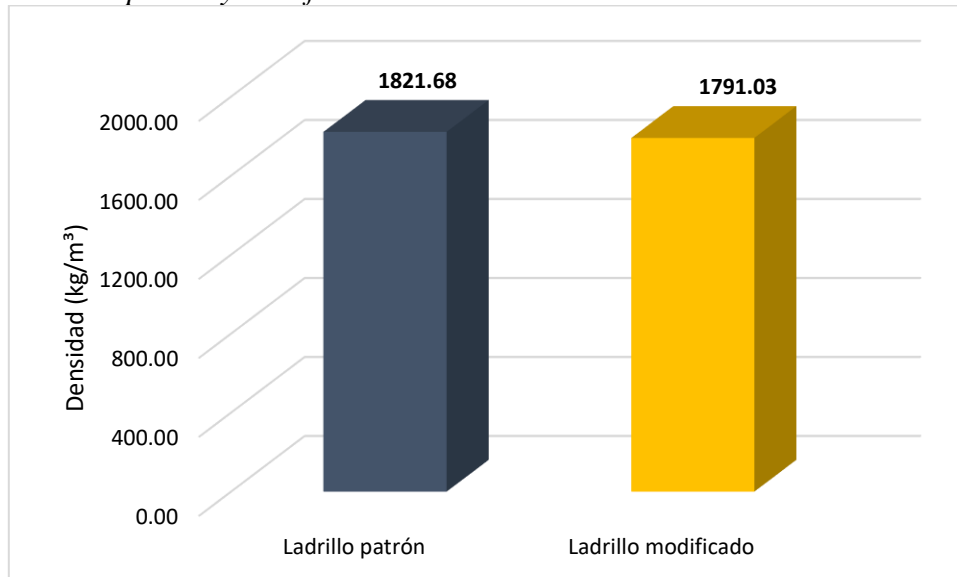


Comentario: Los resultados del ensayo que nos permite conocer el coeficiente de saturación ha favorecido a ambas unidades, las cuales presentan coeficientes menores a 0.80, lo cual indica que es poco absorbente, permitiendo trabajar en climas variables. Esta característica les da a las unidades resistencia al intemperismo, lo cual permite su utilización en las diferentes zonas de Chimbote y Nuevo Chimbote, teniendo en cuenta zonas cercanas al mar.

#### 4.1.4.2.6. Densidad

**Figura 27**

Gráfico comparativo de los resultados obtenidos del ensayo de densidad a los ladrillos patrón y modificado.



Comentario: Se relaciona la densidad del ladrillo con la resistencia que presenta el mismo. Las diferentes experiencias en campo nos han enseñado que, a mayores densidades, presentan mejores propiedades de resistencia. Este es el caso del ladrillo patrón, quien, en sus diferentes unidades sometidas a este ensayo, ha obtenido mejores resultados.

#### 4.1.4.2.7. Resumen de los resultados de los ensayos no clasificatorios

**Tabla 25**

*Resultados de ensayos no clasificatorios.*

Ensayos no clasificatorios	Unidad	Ladrillo patrón	Ladrillo modificado
Contenido de humedad	%	2.32	2.76
Succión	g/cm <sup>2</sup> -min	35.37	39.46
Absorción	%	7.19	9.08
Absorción máxima	%	9.79	12.68
Coefficiente de saturación	-	0.74	0.72
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	1821.68	1791.03

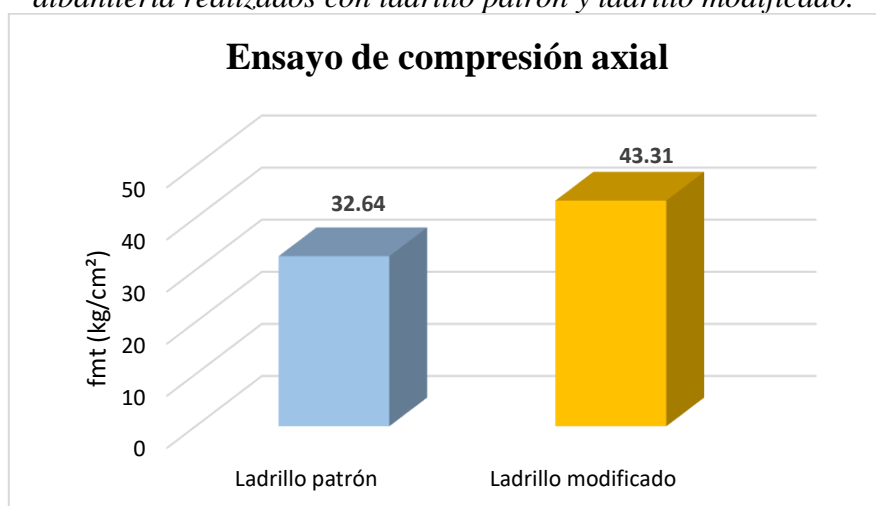
Comentario: Luego de realizados los diferentes ensayos necesarios para conocer las propiedades de las unidades de albañilería resultantes a la investigación, se han obtenido los resultados presentados en la Tabla 25, de los cuales han arrojado resultados favorables para ambos, haciendo las unidades aceptables, a excepción de la succión y absorción, con valores mayores a los recomendados. A pesar de ello, podemos indicar que el ladrillo patrón, presenta mejores resultados en comparación con el ladrillo modificado.

#### 4.1.5. Resultados del análisis de prismas: pilas y muretes

##### 4.1.5.1. Ensayo de resistencia a la compresión de prismas de albañilería (pilas)

###### Figura 28

*Gráfico comparativo de la resistencia en compresión axial en prismas de albañilería realizados con ladrillo patrón y ladrillo modificado.*

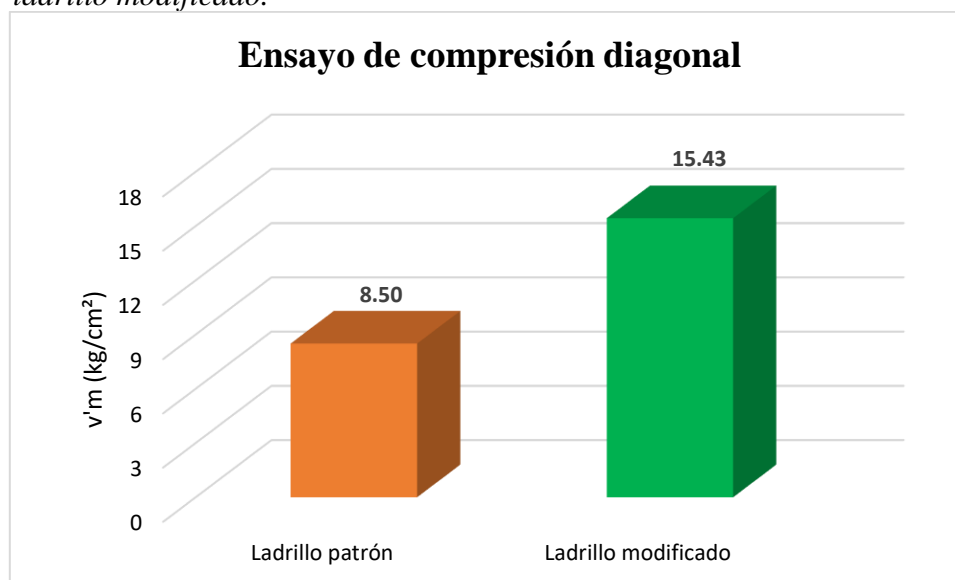


Comentario: Luego de preparado los prismas con los ladrillos definidos como “patrón” y “modificado”, se verifica que el último mencionado persiste con mejores características de resistencia y cumple con lo establecido en la tabla 9 del artículo 13 del capítulo 5 de la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. La pila elaborada con ladrillo modificado supera en más de 30% a la pila elaborada con ladrillo común.

#### 4.1.5.2. Ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería

##### Figura 29

Gráfico comparativo de la resistencia característica de la albañilería al corte de ensayos de muretes a compresión diagonal realizados con ladrillo patrón y ladrillo modificado.



Comentario: Del mismo modo, luego de realizar los ensayos en la Universidad Nacional de Ingeniería, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales, quienes cuenta con los equipos para la rotura de muretes, calibrados y autorizados, se han obtenido resultados alentadores. Los muretes construidos con las unidades de albañilería “patrón” y “modificado” han cumplido con lo requerido por la tabla 9 del artículo 13 del capítulo 5 de la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, y comparándolo entre ambos muretes se aprecia que el murete con ladrillo modificado supera enormemente al elaborado con ladrillo patrón, llegando la variación respecto al “patrón” de más de 80%.

#### 4.1.6. Prueba de hipótesis

##### Hipótesis general

**Ho:** Si se adiciona polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos en la elaboración de ladrillo artesanal de cemento entonces no mejorará sus propiedades físico-mecánicas.

**Ha:** Si se adiciona polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos en la elaboración de ladrillo artesanal de cemento entonces mejorará sus propiedades físico-mecánicas.

##### Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 \text{ (o 5\%)}$$

**Tabla 26**

*Análisis de la comparación entre la resistencia a la compresión del ladrillo patrón frente al modificado*

Tipo	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia	Modificado	35	63.54	5.716
	Patrón	35	52.26	4.742

**Tabla 27**

*Análisis comparativo de la resistencia a la compresión a 28 días del ladrillo patrón y el ladrillo modificado.*

Resistencia	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	1.572	0.214	8.990	68	0.000	11.286	1.255	8.781	13.791
No se asumen varianzas iguales	0	0	8.990	65.762	0.000	11.286	1.255	8.779	13.792

Se evidencia en los resultados de la tabla 27 que existe diferencias significativas para un p-valor inferior al 5% entre las resistencias del ladrillo patrón frente al modificado.

### **Criterio para decidir**

Si  $P\text{-valor} \leq \alpha$ , se rechaza la  $H_0$ , por tanto, se acepta la  $H_a$ .

Si  $P\text{-valor} > \alpha$ , se rechaza la  $H_a$ , por tanto, se acepta la  $H_0$ .

### **Conclusión**

De acuerdo a los resultados reflejados en las pruebas realizadas, se aprecia que existe diferencias significativas en la resistencia a la compresión del ladrillo modificado frente al ladrillo patrón. Esta propiedad es la principal de todas las propiedades físico-mecánicas de la unidad de albañilería. Se concluye finalmente que, el ladrillo modificado tiene mayor resistencia que el patrón.

Por todo lo expuesto, se acepta la hipótesis alternativa, afirmando que las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento mejoran al adicionarle polietileno tereftalato y aditivos químicos en su elaboración.

### **Hipótesis específica 1**

**H<sub>0</sub>:** Si no se evalúa la resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales de cemento fabricados en Nuevo Chimbote mediante una muestra representativa entonces no se conocerá la calidad de estos ni las dosificaciones utilizadas.

**H<sub>a</sub>:** Si se evalúa la resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales de cemento fabricados en Nuevo Chimbote mediante una muestra representativa entonces se conocerá la calidad de estos y las dosificaciones utilizadas.

## Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 \text{ (o 5\%)}$$

**Tabla 28**

*Comparación de Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones 1, 2 y 3.*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	488.222	2	244.111	48.822	0.000
Dentro de grupos	30.000	6	5.000		
Total	518.222	8			

La tabla 28 muestra la comparación media de las dosificaciones (1:6:3, 1:8:2 y 1:7:3) según el análisis de varianza, para un p-valor inferior al 5%, prueba que existe diferencias altamente significativas; asimismo, la tabla 29 según la prueba de honestidad de Tukey al 5%, evidencia que la resistencia a la compresión con mayor rendimiento es la dosificación 1:6:3 (53.33).

**Tabla 29**

*Prueba de honestidad de Tukey*

HSD Tukey <sup>a</sup>				
Tipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
1:7:3	3	35.67		
1:8:2	3		47.67	
1:6:3	3			53.33
Sig.		1.000	1.000	1.000

## Conclusión

De acuerdo a los resultados reflejados en las pruebas realizadas, se aprecia que existe diferencias significativas en la resistencia a la compresión de los ladrillos con dosificaciones 1:6:3, 1:8:2 y 1:7:3. Esta propiedad es la principal de todas las propiedades físico-mecánicas de la unidad de albañilería y que además es la representativa para determinar si un ladrillo se acepta o no de acuerdo a los



parámetros de la norma E070. Para esta evaluación, se empleó además la Prueba de Honestidad de Tukey que nos permite diferenciar cada dosificación por niveles, concluyendo finalmente que la dosificación a usar es el de mayor nivel (3).

Por todo lo expuesto, se acepta la hipótesis alternativa, afirmando que se llegó a conocer la calidad de los ladrillos artesanales de cemento y que además se determinaron las dosificaciones a emplear para el diseño de las unidades de la presente tesis.

### Hipótesis específica 2

**H<sub>0</sub>:** Si se adiciona polietileno tereftalato triturado al ladrillo artesanal de cemento entonces no disminuirá su resistencia a la compresión.

**H<sub>a</sub>:** Si se adiciona polietileno tereftalato triturado al ladrillo artesanal de cemento entonces disminuirá su resistencia a la compresión.

### Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$  (o 5%)

**Tabla 30**

*Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A, B y C.*

1:6:3 + %PET					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	400.667	2	200.333	34.019	0.001
Dentro de grupos	35.333	6	5.889		
Total	436.000	8			

Dado que, la dosificación 1:6:3 fue significativa, se adicionó un porcentaje de PET al 20%, 40% y 55% cuyos valores promedios fueron comparados según el análisis de varianza, resultando un p-valor inferior al 5%, probándose que existe diferencias significativas. Este análisis es corroborado bajo la prueba de

honestidad de Tukey al 5% donde se observa que la dosificación al 1:6:3 + 20% logra una mejor resistencia a la compresión (Tabla 31).

**Tabla 31**  
*Prueba de Honestidad de Tukey*

HSD Tukey <sup>a</sup>		Subconjunto para alfa = 0.05		
Tipo	N	1	2	3
C : 1:6:3 + 55%	3	31.3333		
B : 1:6:3 + 40%	3		39.0000	
A : 1:6:3 + 20%	3			47.6667
Sig.		1.000	1.000	1.000

### Conclusión

De acuerdo a los resultados reflejados en las pruebas realizadas, se aprecia que existe diferencias significativas en la resistencia a la compresión de los ladrillos con dosificación 1:6:3 + 20%, 40% y 55% de adición de PET. Esta propiedad es la principal para determinar si la unidad de albañilería es aceptable o no. Para esta evaluación, se empleó además la Prueba de Honestidad de Tukey que nos permite diferenciar cada combinación por niveles, concluyendo finalmente que la dosificación a usar es el de mayor nivel (3).

Por todo lo expuesto, se acepta la hipótesis alternativa, afirmando que se llegó a conocer la resistencia a la compresión los cuales disminuyen conforme se incrementa la adición de polietileno tereftalato, y que por tanto se seleccionó la dosificación que menos afecta a la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería.

### Hipótesis específica 3

**H<sub>0</sub>:** Si se adiciona aditivo acelerante de fragua al ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado entonces la resistencia a la compresión será igual.

**Ha:** Si se adiciona aditivo acelerante de fragua al ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado entonces aumentará la resistencia a la compresión.

### Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 \text{ (o 5\%)}$$

**Tabla 32**

*Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo acelerante de fragua.*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	89.556	2	44.778	3.566	0.095
Dentro de grupos	75.333	6	12.556		
Total	164.889	8			

Debido a que, la dosificación 1:6:3 + 20%PET fue significativa, se adicionó un porcentaje de aditivo de fragua al 2%, 4% y 6% cuyos valores promedios fueron comparados según el análisis de varianza, resultando un p-valor superiores al 5%, probándose que no existe diferencias significativas. Este análisis es corroborado bajo la prueba de honestidad de Tukey al 5% donde se observa que todas dosificaciones se encuentran en el mismo nivel (Tabla 33).

**Tabla 33**

*Prueba de Honestidad de Tukey*

HSD Tukey <sup>a</sup>		
Tipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
A + 6%	3	51.33
A + 2%	3	54.33
A + 4%	3	59.00
Sig.		0.084

### Conclusión

De acuerdo a los resultados reflejados en las pruebas realizadas, se aprecia que no existe diferencias significativas en la resistencia a la compresión de los ladrillos con

dosificación 1:6:3 + 20%PET + 2%, 4% y 6% de adición de aditivo acelerante de fragua. Para esta evaluación, se empleó además la Prueba de Honestidad de Tukey que nos permite diferenciar cada combinación por niveles, concluyendo finalmente que todas las combinaciones empleadas están en el mismo nivel (1).

Por todo lo expuesto, se acepta la hipótesis nula, afirmando que se llegó a conocer la resistencia a la compresión los cuales no varían significativamente conforme se incrementa la adición de aditivo acelerante de fragua, y que por tanto la resistencia a la compresión será igual. Entonces, por encontrarse todos en el mismo nivel resultará lo mismo seleccionar cualquier combinación.

#### Hipótesis específica 4

**Ho:** Si se adiciona aditivo reductor de agua (plastificante) al ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado entonces la resistencia a la compresión será igual.

**Ha:** Si se adiciona aditivo reductor de agua (plastificante) al ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado entonces aumentará la resistencia a la compresión.

#### Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$  (o 5%)

#### Tabla 34

*Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo plastificante*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	141.556	2	70.778	4.583	0.062
Dentro de grupos	92.667	6	15.444		
Total	234.222	8			

Debido a que, la dosificación 1:6:3 + 20% fue significativa, se adicionó un porcentaje de aditivo reductor de agua al 3%, 5% y 7% cuyos valores promedios fueron comparados según el análisis de varianza, resultando un p-valor superiores al 5%, probándose que no existe diferencias significativas. Este análisis es corroborado bajo la prueba de honestidad de Tukey al 5% donde se observa que todas dosificaciones se encuentran en el mismo nivel (Tabla 35).

**Tabla 35**  
*Prueba de honestidad de Tukey*

HSD Tukey <sup>a</sup>		
Tipo	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
A + 3%P	3	56.67
A + 7%P	3	59.00
A + 5%P	3	66.00
Sig.		0.061

### Conclusión

De acuerdo a los resultados reflejados en las pruebas realizadas, se aprecia que no existe diferencias significativas en la resistencia a la compresión de los ladrillos con dosificación 1:6:3 + 20%PET + 3%, 5% y 7% de adición de aditivo reductor de agua. Para esta evaluación, se empleó además la Prueba de Honestidad de Tukey que nos permite diferenciar cada combinación por niveles, concluyendo finalmente que todas las combinaciones empleadas están en el mismo nivel (1).

Por todo lo expuesto, se acepta la hipótesis nula, afirmando que se llegó a conocer la resistencia a la compresión los cuales no varían significativamente conforme se incrementa la adición de aditivo reductor de agua, y que por tanto la resistencia a la

compresión será igual. Entonces, por encontrarse todos en el mismo nivel resultará lo mismo seleccionar cualquier combinación.

### Hipótesis específica 5

**Ho:** Adicionando el aditivo óptimo al ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado entonces no mejorará las propiedades físico-mecánicas.

**Ha:** Adicionando el aditivo óptimo al ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado entonces mejorará las propiedades físico-mecánicas.

### Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 \text{ (o 5\%)}$$

### Tabla 36

*Comparación entre la resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo acelerante de fragua frente a las dosificaciones A con aditivo plastificante*

*Estadísticas de grupo*

		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia a la compresión	"A" + 5% Plastificante	3	66.00	2.646	1.528
	"A" + 4% Acelerante de fragua	3	59.00	3.000	1.732

Dado que las tablas 32 y 34 resultaron ser no significativas se tomaron aquellas dosis con mayor resistencia a la compresión tanto para las dosificaciones con acelerantes de fragua al 4% frente a las dosificaciones con plastificantes al 5%.

**Tabla 37**

*Análisis de la comparación entre la resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones A con aditivo acelerante de fragua frente a las dosificaciones A con aditivo plastificante.*

Resistencia a la compresión	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	0.00	1.00	3.031	4	0.039	7.000	2.309	0.588	13.412
No se asumen varianzas iguales	0	0	3.031	3.938	0.040	7.000	2.309	0.548	13.452

## Conclusión

Al comparar las dosificaciones a través de la prueba de T-student se evidenció que existe diferencias significativas, entre la resistencia con aditivo plastificante frente a la de fragua, bajo un  $p=0.039$  inferior al 5%. Por lo tanto, para la comparación de la resistencia con el ladrillo patrón se utilizará el ladrillo modificado con 1:6:3 +20%PET + A5%. Siendo esta adición de aditivo el óptimo, el cual mejoró las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de cemento con polietileno tereftalato triturado.

## 4.2. Discusión

- Para obtener los ladrillos modificados previamente se tuvo que adicionar polietileno tereftalato triturado, y fueron adicionados en porcentajes de 20, 40 y 55% de los cuales las resistencias a la compresión fueron de 47.67, 39.00 y 31.33 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, llegándose a observar que a medida que se incrementaba el porcentaje de adición, disminuía la resistencia a la compresión. Estas variaciones también se observan de la investigación de Morales (2016) en la que utilizó PET

reciclado adicionando al concreto y concluyó que la resistencia mecánica axial disminuye conforme mayor PET reciclado se añade.

- Los resultados de resistencia a la compresión a las unidades de albañilería muestran que para el ladrillo patrón fue de  $53.33 \text{ kg/cm}^2$  en promedio y del ladrillo modificado fue de  $66.00 \text{ kg/cm}^2$ , estos valores cumplen con la exigencia mínima de la norma E.070 en su Tabla 1, por lo tanto, en cuanto a su resistencia a la compresión ambos ladrillos se clasifican como Ladrillo I, ya que superan los  $50 \text{ kg/cm}^2$ .

- Los valores obtenidos de la variación dimensional en ambos tipos de ladrillos, patrón y modificado, comparados con la Tabla 1 de la norma E.070, nos determina que para el ladrillo patrón cumple el Ladrillo III, y de la misma forma siguiendo el mismo método de análisis el modificado le corresponde el Ladrillo III.

- Los resultados de alabeo comparando con la Tabla 1 de la norma E.070 clasifica a los ladrillos, patrón y modificado, como un Ladrillo IV ya que el valor desfavorable para cada ladrillo es en la superficie convexa dando un valor de 3 mm de alabeo.

- San Bartolomé (1994) indica que aquellas unidades de albañilería con coeficiente de saturación (C.S.) mayor a 0.85 son demasiados absorbentes, sin embargo, nuestros resultados muestran que el ladrillo patrón y el ladrillo modificado tienen un C.S. de 0.74 y 0.72 respectivamente, por lo tanto, califican como unidades duraderas.

- Según la norma E.070 en el apartado 5.5 Aceptación de la unidad, indica que la absorción para unidades de bloques de concreto no debe ser mayor de 12%, por tanto, nuestras unidades son de concreto y se ajustan al límite indicado en la normativa, teniendo al ladrillo patrón y modificado con 7.19 y 9.08% de absorción respectivamente.



# CAPÍTULO V

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones:

- La adición de polietileno tereftalato triturado y aditivos químicos al ladrillo de cemento mejoró su propiedad mecánica incrementando la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería y disminuyendo su densidad volviéndolo menos pesado, además que incrementó la resistencia en pilas y muretes. De acuerdo a la prueba de hipótesis realizada en la tabla 32, se demuestra que el ladrillo modificado (con 20% de PET triturado y 5% de aditivo plastificante) presenta mejor resistencia a la compresión, siendo esta característica la más relevante en una unidad de albañilería, por tanto, se acepta la hipótesis planteada.
- El diagnóstico de los ladrillos artesanales de cemento a tres ladrilleras de Nuevo Chimbote: 3 de Octubre, San Luis y Sharito, arrojó los siguientes resultados de resistencia promedio a la compresión: 44.00, 40.00 y 45.33 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, no cumpliendo con la resistencia mínima que exige la norma E.070 Albañilería, que debe ser de 50 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión de los ladrillos con adición de polietileno tereftalato (PET) triturado en proporciones de 20%, 40% y 55%, fueron de 47.67, 39 y 31.33 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Por tanto, el porcentaje de adición de PET triturado que mayor resistencia a la compresión le confiere al ladrillo fue del 20%, pero reduce su resistencia en un 10.62% respecto al ladrillo patrón.
- La resistencia a la compresión de los ladrillos con PET triturado adicionándole aditivo acelerante de fragua en proporción del 2%, 4% y 6% respecto al peso del cemento, fueron las siguientes: 54.33, 59.00 y 51.33 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Concluyéndose que con el

4% de adición de acelerante de fragua aumenta en 10.63% la resistencia a la compresión respecto del ladrillo patrón.

- La resistencia a la compresión de los ladrillos con PET triturado adicionándole aditivo plastificante (reductor de agua) en proporción del 3%, 5% y 7% respecto al peso del cemento fueron las siguientes: 56.67, 66.00 y 59.00 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Concluyéndose que para el 5% de adición de aditivo plastificante la resistencia aumenta en 23.75% respecto al ladrillo patrón.

- Las propiedades físico-mecánicas del ladrillo con PET triturado más aditivo óptimo (aditivo plastificante al 5% de adición), es decir del ladrillo modificado, fueron los siguientes: resistencia a la compresión de 63.54 kg/cm<sup>2</sup>, la variación dimensional largo, ancho y altura fueron 2.56%, 1.85% y 0.80% respectivamente, el alabeo presentó superficie cóncava y convexa de 2 y 3 mm respectivamente y bordes convexos de 1.5 mm. Estos valores son relevantes para la clasificación con fines estructurales, siendo así una clase de Ladrillo I. Las demás propiedades están relacionadas a la durabilidad del ladrillo los cuales pueden observarse en la Tabla 22, llegándose a observar que el ladrillo modificado mejora en cuanto a su densidad sin embargo en sus demás propiedades son valores no favorables respecto al ladrillo patrón. En los ensayos de pilas: pilas y muretes; se tiene que la pila con ladrillo modificado obtuvo una resistencia a la compresión de 43.31 kg/cm<sup>2</sup>; y en cuanto a los muretes sometidos al ensayo de compresión diagonal, con ladrillo modificado soporta 15.43 kg/cm<sup>2</sup>.

### **5.1. Recomendaciones:**

- Se recomienda que las unidades de albañilería modificadas sean previamente mojadas, durante 30 minutos como mínimo, antes de ser usadas para el asentado de muros ya que

las propiedades de los ensayos no clasificatorios demostraron que la succión supera los 20 gr/cm<sup>2</sup>-min el cual es el límite de acuerdo a la Norma E.070 de RNE.

- Se recomienda a las autoridades de la ciudad, a los colegios profesionales involucrados y todo aquel interesado en la inseguridad que genera la elaboración artesanal de unidades de albañilería de forma empírico por parte de pobladores sin capacitación, fiscalizar este proceso con la finalidad de ver crecer a este distrito con edificaciones que garanticen infraestructuras de calidad y sobre todo seguras. Brindar capacitaciones para este grupo de artesanos a fin de mejorar la calidad del producto ofrecido y sobre todo adecuarse a la normativa y los valores mínimos permitidos.

- Se recomienda a la población en general, solicitar asesoría profesional para la construcción de infraestructura, sobre todo bajo el sistema de albañilería confinada, considerando los valores mínimos de resistencia a la compresión que las unidades deben tener de acuerdo a la presente investigación.

- Se recomienda a otros investigadores realizar ensayos con PET triturado en dimensiones más pequeñas a las estudiadas, las cuales no pudieron ser encontradas en la ciudad de nuevo Chimbote ya que requieren de equipos industriales.

- Se recomienda a otros investigadores, estudiar una elaboración de ladrillo de cemento artesanal vibrado, buscando una alternativa económica para la elaboración en la ciudad de nuevo Chimbote.

- Se recomienda a otros investigadores estudiar la incorporación del aditivo en porcentajes menores a 1%, todo ello con la finalidad de disminuir las cantidades de este componente y optar por un ladrillo ecológico.

# CAPÍTULO VI

# REFERENCIAS

# BIBLIOGRÁFICAS

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- Angumba, P. (2016). *Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante*. [Tesis de maestría, Universidad de Cuenca]. Archivo digital <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25297>
- Arteplástica. (s.f). *El plástico Pet, ¿para qué se usa?* <https://arteplastica.es/el-plastico-pet-para-que-se-usa/>
- Baca, J. y Boy, J. (2015). *Influencia del porcentaje y tipo de acelerante, sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de un concreto de rápido fraguado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Archivo digital <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2549>
- Constructivo. (2019). Aditivos: *¿Cuáles son sus características y beneficios para la construcción?* <https://constructivo.com/noticia/aditivos-cuales-son-sus-caracteristicas-y-beneficios-para-la-construccion-1557330192>
- Echeverría, E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1501/LADRILLO S%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%20C3%81STICO%20PET%20RECI CLADO.pdf?sequence=1](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1501/LADRILLO%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%20C3%81STICO%20PET%20RECI%20CLADO.pdf?sequence=1)
- Fernández, L., Marín, F., Varela, J. y Vargas, G. (2009). Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto. *Ingeniería*, 13(2), 41-50. [https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen13/determinacion\\_resistencia\\_compresion.pdf](https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen13/determinacion_resistencia_compresion.pdf)

- Filio, F. (2019). *Evaluación y análisis de la influencia de curado acelerado por el método de agua caliente en la resistencia a la compresión de concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en la Provincia y Región de Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Archivo digital <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1514>
- Flores, V., Rojas, J., Torres, R., Vallejos, R., Flores, P. y Flore, M. (2020). Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas. *Revista de Ingeniería Civil*, 4(12), 44-49. [https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_a\\_Civil/vol4num12/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Civil\\_V4\\_N12\\_3.pdf](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_a_Civil/vol4num12/Revista_de_Ingenieria_Civil_V4_N12_3.pdf)
- Gaggino, R. (2008). Ladrillos y Placas Prefabricadas con Plásticos Reciclados aptos para la autoconstrucción. *Revista INVI*, 23(063), 137-163. <http://www.arpet.org/docs/Ladrillos-y-placas-prefabricadas-con-plasticos-reciclados-Gaggino.pdf>
- Gallegos, H. y Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural* (3era edición). Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Harmsen, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado* (3era edición). Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Jara, R. y Palacios R. (2015). *Utilización de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de ladrillos de concreto*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Archivo digital <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2715>

Manual de ensayo de materiales. (2016). Ministerio de transportes y comunicaciones.

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

Manual del albañil de ladrillos. (2010). Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile cerámicos (1era edición).

[https://issuu.com/ich\\_mkt/docs/manual\\_del\\_alba\\_il?e=24661198%2F63384332](https://issuu.com/ich_mkt/docs/manual_del_alba_il?e=24661198%2F63384332)

Mariano. (30 de mayo de 2011). *PET*. Tecnología de los plásticos.

<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/pet.html>

Martínez, A. y Cote, M. (2014). Diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando

Materiales a Base de PET. *INGE CUC*, 10(2), 76–80.

<https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/493/402>

Morales, M. (2016). *Estudio del comportamiento del concreto incorporando PET reciclado*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Archivo digital <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5542>

Norma E.070 Albañilería (2006). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Norma técnica peruana NTP 334.088 (2015). Reductores de agua y reguladores de fragua.

Norma técnica peruana NTP 334.089 (2015). Incorporadores de aire.

Norma técnica peruana NTP 399.605 Unidades de albañilería (2013). Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.

Ortiz-Castellanos, E., Cristancho-Fernández, D. y Avellaneda, B. (2020). Análisis comparativo del desempeño de los ladrillos tradicionales frente a ladrillos pet.



*Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 11(1), 54-64.

<https://doi.org/10.25213/2216-1872.36>

Pasquel, E. (2001). *Tópicos de tecnología del concreto* (2da edición). Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.

Pastor, A., Salazar, J., Seminario, R., Tineo, A. y Zapata, J. (2015). *Diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico reciclado*. [Informe Final, Universidad de Piura]. Archivo digital.

<https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2343/5.%20PYT%2C%20Informe%20Final%2C%20Cemento%20y%20Pl%C3%A1stico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

San Bartolome, A. (1994). *Construcciones de albañilería comportamiento sísmico y diseño estructural* (1era edición). Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Textos científicos. (4 de septiembre de 2005). *PET*.

<https://www.textoscientificos.com/polimeros/pet>

Zorrilla J. (14 de octubre de 2013). *¿Qué significan los números en el triángulo de reciclaje de los plásticos?* El analista económico-financiero.

<https://elanalistaeconomicofinanciero.blogspot.com/2013/10/que-significan-los-numeros-en-el.htm>

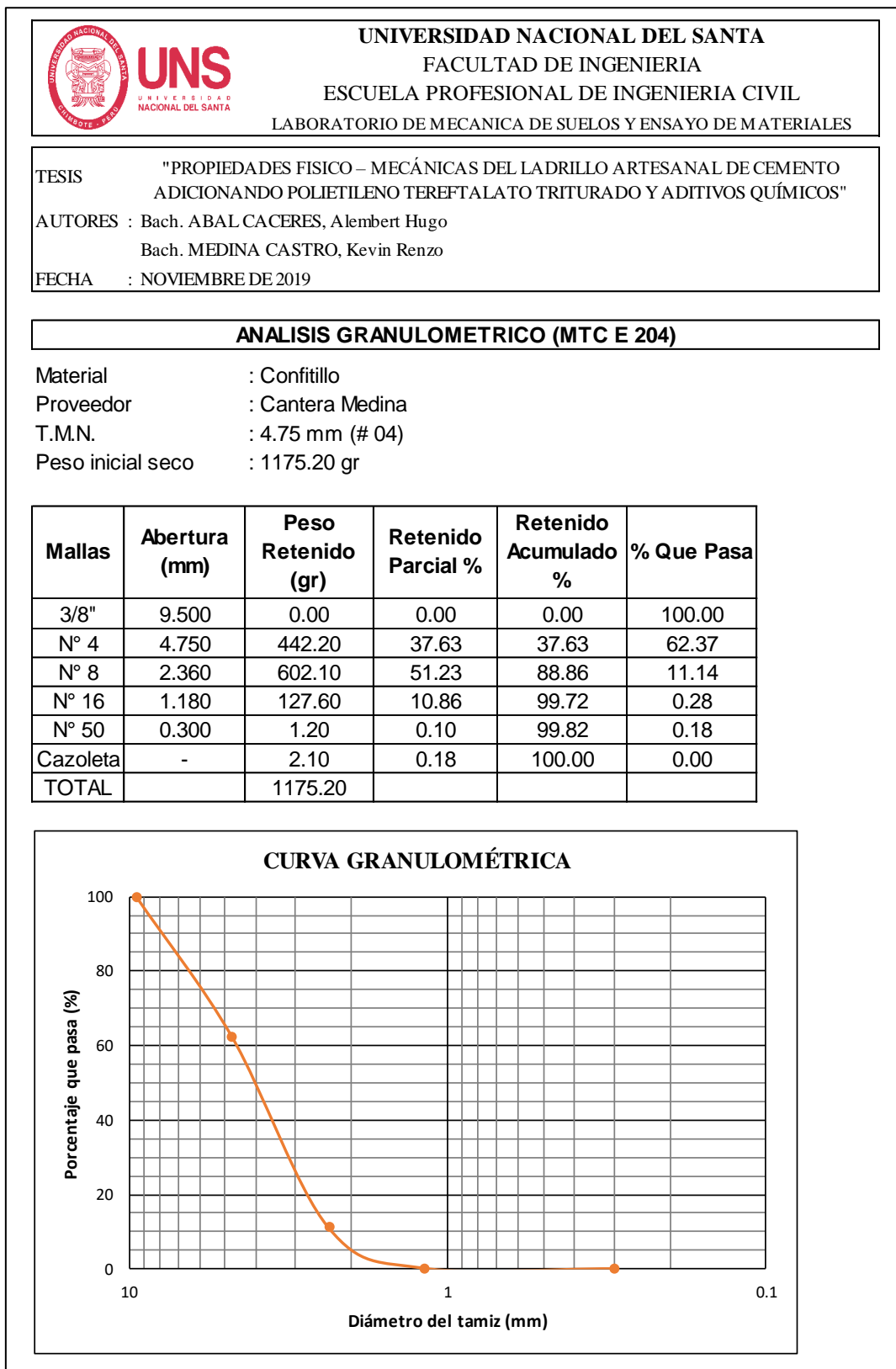
# CAPÍTULO VII

## ANEXOS

## VII. ANEXOS

### 7.1. Anexo N° 01: Ensayo de materiales

#### 7.1.1. Ensayos al agregado grueso (confitillo)





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
FECHA : NOVIEMBRE DE 2019

**PESO ESPECIFICO (MTC E 206)**

Material : Confitillo  
Proveedor : Cantera Medina

Descripción	Valor
Tara (gr)	260.80
Tara + piedra con superficie seca (gr)	2271.70
Piedra sumergida (gr)	1173.40
Tara + piedra seca (gr)	2253.80
<b>Peso específico (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.38</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
FECHA : NOVIEMBRE DE 2019

**CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 215)**

Material : Confitillo  
Proveedor : Cantera Medina

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tara (gr)	27.20	27.40	27.60
Tara + muestra (gr)	142.70	110.60	123.70
Tara + muestra seca (gr)	142.40	110.30	123.40
Contenido de humedad (%)	0.26	0.36	0.31
<b>Promedio</b>	<b>0.31</b>		



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
 AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
 FECHA : NOVIEMBRE DE 2019

**PESO UNITARIO (MTC E 203)**

Material : Confitillo  
 Proveedor : Cantera Medina

**PESO UNITARIO SUELTO**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2863.29	2863.29	2863.29
Molde (gr)	1918.30	1918.30	1918.30
Molde + muestra (gr)	5682.50	5642.60	5691.40
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1314.64	1300.71	1317.75
<b>Promedio</b>	<b>1311.03</b>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2863.29	2863.29	2863.29
Molde (gr)	1918.30	1918.30	1918.30
Molde + muestra (gr)	6072.50	6069.70	6094.60
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1450.85	1449.87	1458.57
<b>Promedio</b>	<b>1453.10</b>		

### 7.1.2. Ensayos al agregado fino (arena gruesa)


**UNS**  
 UNIVERSIDAD  
 NACIONAL DEL SANTA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"

AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo

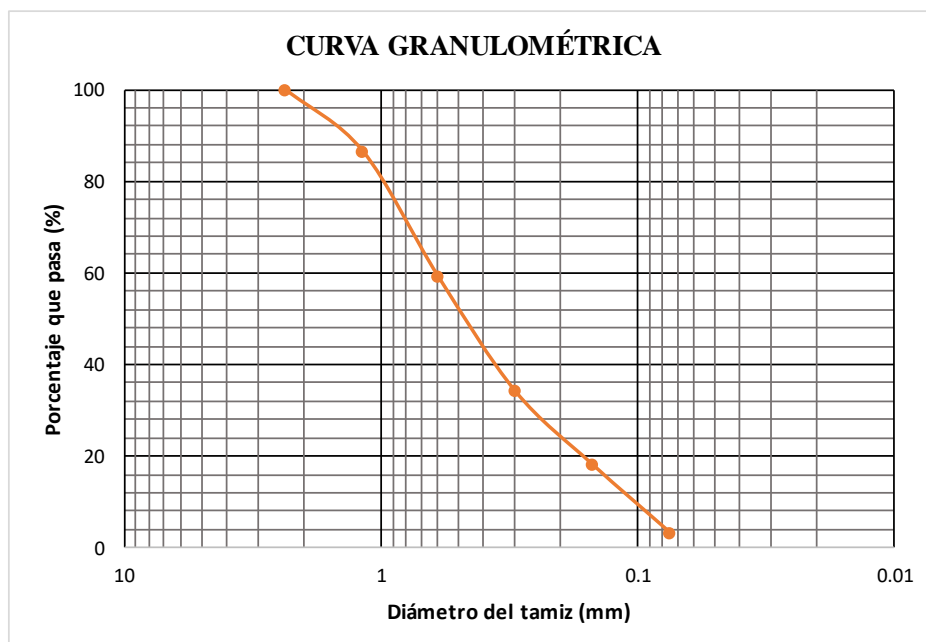
FECHA : NOVIEMBRE DE 2019

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (MTC E 204)

Material : Arena Gruesa  
 Proveedor : Cantera Medina  
 T.M.N. : 1.18 mm (# 16)  
 Peso inicial seco : 779 gr

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial %	Retenido Acumulado %	% Que Pasa
Nº 8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 16	1.180	104.60	13.43	13.43	86.57
Nº 30	0.600	213.10	27.36	40.78	59.22
Nº 50	0.300	195.70	25.12	65.91	34.09
Nº 100	0.150	124.70	16.01	81.91	18.09
Nº 200	0.075	115.40	14.81	96.73	3.27
Cazoleta	-	25.50	3.27	100.00	0.00
TOTAL		779.00			

$$MF = \frac{298.75}{100.00} = 2.988$$





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
 AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
 FECHA : NOVIEMBRE DE 2019

**PESO ESPECIFICO - ABSORCION (MTC E 205)**

Material : Arena Gruesa  
 Proveedor : Cantera Medina

Descripción	Valor
Peso muestra seca (gr)	200.00
Peso fiola + agua (gr)	656.80
Peso fiola + agua + muestra seca(gr)	783.50
Peso fiola + agua + muestra (gr) *	783.81
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.74

*\*Peso registrado después de 24 h*

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tara (gr)	27.29	27.99	27.43
Tara + muestra (gr)	85.37	101.85	97.05
Tara + muestra seca (gr)	84.75	101.04	96.35
Absorcion (%)	1.07	1.10	1.01
<b>Promedio</b>	<b>1.06</b>		

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"

AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo

FECHA : NOVIEMBRE DE 2019

**PESO UNITARIO (MTC E 203)**

Material : Arena Gruesa  
Proveedor : Cantera Medina

**PESO UNITARIO SUELTO**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2863.29	2863.29	2863.29
Molde (gr)	1918.3	1918.3	1918.3
Molde + muestra (gr)	6078.2	6069.3	6086.4
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1452.84	1449.73	1455.70
<b>Promedio</b>	<b>1452.76</b>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2863.29	2863.29	2863.29
Molde (gr)	1918.3	1918.3	1918.3
Molde + muestra (gr)	6123.5	6131.6	6128.1
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1468.66	1471.49	1470.27
<b>Promedio</b>	<b>1470.14</b>		





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
FECHA : NOVIEMBRE DE 2019

**CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 215)**

Material : Arena Gruesa  
Proveedor : Cantera Medina

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Tara (gr)	26.90	27.50	26.70
Tara + muestra (gr)	153.90	136.00	137.70
Tara + muestra seca (gr)	151.00	133.40	135.20
Contenido de humedad (%)	2.28	2.40	2.25
<b>Promedio</b>	<b>2.31</b>		

## 7.2. Anexo N° 02: Diseño de las unidades de albañilería

### 7.2.1. Determinación del ladrillo patrón

 <b>UNS</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																													
TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"																																														
AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo																																														
FECHA : DICIEMBRE DE 2019																																														
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>																																														
Dosificación: 1:8:2																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>Fecha Elab.</th> <th>Fecha Ensayo</th> <th>Edad (días)</th> <th>Largo (mm)</th> <th>Ancho (mm)</th> <th>Area (cm<sup>2</sup>)</th> <th>Carga máxima (kg.f)</th> <th>f'b (kg/cm<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ladrillo 1</td> <td>16/11/2019</td> <td>14/12/2019</td> <td>28</td> <td>221.50</td> <td>131.50</td> <td>291.27</td> <td>13343.00</td> <td>46.00</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 2</td> <td>16/11/2019</td> <td>14/12/2019</td> <td>28</td> <td>222.50</td> <td>132.50</td> <td>294.81</td> <td>15173.00</td> <td>51.00</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 3</td> <td>16/11/2019</td> <td>14/12/2019</td> <td>28</td> <td>221.00</td> <td>131.50</td> <td>290.62</td> <td>13419.00</td> <td>46.00</td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: right;"><b>Promedio</b></td> <td><b>47.67</b></td> </tr> </tbody> </table>	Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )	Ladrillo 1	16/11/2019	14/12/2019	28	221.50	131.50	291.27	13343.00	46.00	Ladrillo 2	16/11/2019	14/12/2019	28	222.50	132.50	294.81	15173.00	51.00	Ladrillo 3	16/11/2019	14/12/2019	28	221.00	131.50	290.62	13419.00	46.00	<b>Promedio</b>								<b>47.67</b>	
Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )																																						
Ladrillo 1	16/11/2019	14/12/2019	28	221.50	131.50	291.27	13343.00	46.00																																						
Ladrillo 2	16/11/2019	14/12/2019	28	222.50	132.50	294.81	15173.00	51.00																																						
Ladrillo 3	16/11/2019	14/12/2019	28	221.00	131.50	290.62	13419.00	46.00																																						
<b>Promedio</b>								<b>47.67</b>																																						
Dosificación: 1:6:3																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>Fecha Elab.</th> <th>Fecha Ensayo</th> <th>Edad (días)</th> <th>Largo (mm)</th> <th>Ancho (mm)</th> <th>Area (cm<sup>2</sup>)</th> <th>Carga máxima (kg.f)</th> <th>f'b (kg/cm<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ladrillo 1</td> <td>16/11/2019</td> <td>14/12/2019</td> <td>28</td> <td>222.00</td> <td>133.50</td> <td>296.37</td> <td>15784.00</td> <td>53.00</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 2</td> <td>16/11/2019</td> <td>14/12/2019</td> <td>28</td> <td>222.50</td> <td>133.00</td> <td>295.93</td> <td>16319.00</td> <td>55.00</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 3</td> <td>16/11/2019</td> <td>14/12/2019</td> <td>28</td> <td>221.50</td> <td>133.50</td> <td>295.70</td> <td>15412.00</td> <td>52.00</td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: right;"><b>Promedio</b></td> <td><b>53.33</b></td> </tr> </tbody> </table>	Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )	Ladrillo 1	16/11/2019	14/12/2019	28	222.00	133.50	296.37	15784.00	53.00	Ladrillo 2	16/11/2019	14/12/2019	28	222.50	133.00	295.93	16319.00	55.00	Ladrillo 3	16/11/2019	14/12/2019	28	221.50	133.50	295.70	15412.00	52.00	<b>Promedio</b>								<b>53.33</b>	
Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )																																						
Ladrillo 1	16/11/2019	14/12/2019	28	222.00	133.50	296.37	15784.00	53.00																																						
Ladrillo 2	16/11/2019	14/12/2019	28	222.50	133.00	295.93	16319.00	55.00																																						
Ladrillo 3	16/11/2019	14/12/2019	28	221.50	133.50	295.70	15412.00	52.00																																						
<b>Promedio</b>								<b>53.33</b>																																						
Dosificación: 1:7:3																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descripcion</th> <th>Fecha Elab.</th> <th>Fecha Ensayo</th> <th>Edad (días)</th> <th>Largo (mm)</th> <th>Ancho (mm)</th> <th>Area (cm<sup>2</sup>)</th> <th>Carga máxima (kg.f)</th> <th>f'b (kg/cm<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ladrillo 1</td> <td>16/11/2019</td> <td>14/12/2019</td> <td>28</td> <td>221.00</td> <td>130.50</td> <td>288.41</td> <td>11054.00</td> <td>38.00</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 2</td> <td>16/11/2019</td> <td>14/12/2019</td> <td>28</td> <td>222.00</td> <td>132.50</td> <td>294.15</td> <td>10032.00</td> <td>34.00</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 3</td> <td>16/11/2019</td> <td>14/12/2019</td> <td>28</td> <td>220.50</td> <td>131.50</td> <td>289.96</td> <td>10285.00</td> <td>35.00</td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: right;"><b>Promedio</b></td> <td><b>35.67</b></td> </tr> </tbody> </table>	Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )	Ladrillo 1	16/11/2019	14/12/2019	28	221.00	130.50	288.41	11054.00	38.00	Ladrillo 2	16/11/2019	14/12/2019	28	222.00	132.50	294.15	10032.00	34.00	Ladrillo 3	16/11/2019	14/12/2019	28	220.50	131.50	289.96	10285.00	35.00	<b>Promedio</b>								<b>35.67</b>	
Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )																																						
Ladrillo 1	16/11/2019	14/12/2019	28	221.00	130.50	288.41	11054.00	38.00																																						
Ladrillo 2	16/11/2019	14/12/2019	28	222.00	132.50	294.15	10032.00	34.00																																						
Ladrillo 3	16/11/2019	14/12/2019	28	220.50	131.50	289.96	10285.00	35.00																																						
<b>Promedio</b>								<b>35.67</b>																																						

## 7.2.2. Ladrillo patrón con PET


**UNS**  
 UNIVERSIDAD  
 NACIONAL DEL SANTA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"

AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo

FECHA : ENERO DE 2020

### RESISTENCIA A LA COMPRESION

Dosificación "A": 1:6:3 + 20% PET

Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo 1	14/12/2019	11/01/2020	28	222.00	134.50	298.59	13967.00	47.00
Ladrillo 2	14/12/2019	11/01/2020	28	221.00	134.50	297.25	14783.00	50.00
Ladrillo 3	14/12/2019	11/01/2020	28	222.00	135.00	299.70	13886.00	46.00
<b>Promedio</b>								<b>47.67</b>

Dosificación "B": 1:6:3 + 40% PET

Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo 1	14/12/2019	11/01/2020	28	223.00	133.00	296.59	10998.00	37.00
Ladrillo 2	14/12/2019	11/01/2020	28	221.50	134.00	296.81	12468.00	42.00
Ladrillo 3	14/12/2019	11/01/2020	28	223.00	134.50	299.94	11519.00	38.00
<b>Promedio</b>								<b>39.00</b>

Dosificación "C": 1:6:3 + 55% PET

Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo 1	14/12/2019	11/01/2020	28	222.50	132.00	293.70	9851.00	34.00
Ladrillo 2	14/12/2019	11/01/2020	28	221.50	132.50	293.49	8997.00	31.00
Ladrillo 3	14/12/2019	11/01/2020	28	221.50	132.00	292.38	8574.00	29.00
<b>Promedio</b>								<b>31.33</b>

### 7.2.3. Ladrillo con dosificación “A” y aditivo acelerante de fragua


**UNS**  
 UNIVERSIDAD  
 NACIONAL DEL SANTA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"

AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo

FECHA : FEBRERO DE 2020

#### RESISTENCIA A LA COMPRESION

Dosificación "A" + 2% Acelerante de fragua

Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo 1	11/01/2020	08/02/2020	28	221.50	134.50	297.92	15543.00	52.00
Ladrillo 2	11/01/2020	08/02/2020	28	222.50	133.00	295.93	15256.00	52.00
Ladrillo 3	11/01/2020	08/02/2020	28	221.50	134.00	296.81	17381.00	59.00
							<b>Promedio</b>	<b>54.33</b>

Dosificación "A" + 4% Acelerante de fragua

Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo 1	11/01/2020	08/02/2020	28	221.00	133.50	295.04	16597.00	56.00
Ladrillo 2	11/01/2020	08/02/2020	28	222.00	132.00	293.04	18076.00	62.00
Ladrillo 3	11/01/2020	08/02/2020	28	221.50	132.50	293.49	17281.00	59.00
							<b>Promedio</b>	<b>59.00</b>

Dosificación "A" + 6% Acelerante de fragua

Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo 1	11/01/2020	08/02/2020	28	221.00	133.50	295.04	16135.00	55.00
Ladrillo 2	11/01/2020	08/02/2020	28	222.00	132.00	293.04	15009.00	51.00
Ladrillo 3	11/01/2020	08/02/2020	28	221.50	132.50	293.49	13996.00	48.00
							<b>Promedio</b>	<b>51.33</b>

## 7.2.4. Ladrillo con dosificación “A” y aditivo plastificante


**UNS**  
 UNIVERSIDAD  
 NACIONAL DEL SANTA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"

AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo

FECHA : FEBRERO DE 2020

### RESISTENCIA A LA COMPRESION

#### Dosificación "A" + 3% Plastificante

Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo 1	11/01/2020	08/02/2020	28	221.50	133.50	295.70	18672.00	63.00
Ladrillo 2	11/01/2020	08/02/2020	28	221.00	133.00	293.93	16148.00	55.00
Ladrillo 3	11/01/2020	08/02/2020	28	222.50	133.50	297.04	15354.00	52.00
							<b>Promedio</b>	<b>56.67</b>

#### Dosificación "A" + 5% Plastificante


Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo 1	11/01/2020	08/02/2020	28	221.00	133.00	293.93	20075.00	68.00
Ladrillo 2	11/01/2020	08/02/2020	28	221.50	133.50	295.70	18548.00	63.00
Ladrillo 3	11/01/2020	08/02/2020	28	221.50	133.50	295.70	19889.00	67.00
							<b>Promedio</b>	<b>66.00</b>

#### Dosificación "A" + 7% Plastificante

Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo 1	11/01/2020	08/02/2020	28	222.50	132.00	293.70	16963.00	58.00
Ladrillo 2	11/01/2020	08/02/2020	28	221.50	132.50	293.49	18201.00	62.00
Ladrillo 3	11/01/2020	08/02/2020	28	221.00	133.00	293.93	16753.00	57.00
							<b>Promedio</b>	<b>59.00</b>

### 7.3. Anexo N° 03: Ensayos clasificatorios y no clasificatorios

#### 7.3.1. Ensayos clasificatorios

 <b>UNS</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES						
<b>TESIS</b> "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"								
<b>AUTORES</b> : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo								
<b>FECHA</b> : MARZO DE 2020								
RESISTENCIA A LA COMPRESION								
Ladrillo Patrón								
Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm²)	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm²)
Ladrillo 1	08/02/2020	07/03/2020	28	22.00	13.40	294.80	16214.00	55.00
Ladrillo 2	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.40	297.48	15766.00	53.00
Ladrillo 3	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.50	299.70	15884.00	53.00
Ladrillo 4	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.20	291.72	15169.00	52.00
Ladrillo 5	08/02/2020	07/03/2020	28	22.00	13.20	290.40	15391.00	53.00
Ladrillo 6	08/02/2020	07/03/2020	28	22.40	13.30	297.92	18768.00	63.00
Ladrillo 7	08/02/2020	07/03/2020	28	22.40	13.30	297.92	16385.00	55.00
Ladrillo 8	08/02/2020	07/03/2020	28	22.30	13.20	294.36	13246.00	45.00
Ladrillo 9	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.20	291.72	15461.00	53.00
Ladrillo 10	08/02/2020	07/03/2020	28	22.30	13.30	296.59	13939.00	47.00
Ladrillo 11	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.50	299.70	14985.00	50.00
Ladrillo 12	08/02/2020	07/03/2020	28	22.30	13.60	303.28	16680.00	55.00
Ladrillo 13	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.10	289.51	15054.00	52.00
Ladrillo 14	08/02/2020	07/03/2020	28	22.00	13.30	292.60	15215.00	52.00
Ladrillo 15	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.40	297.48	15171.00	51.00
Ladrillo 16	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.10	290.82	15122.00	52.00
Ladrillo 17	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.20	293.04	14358.00	49.00
Ladrillo 18	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.20	293.04	17875.00	61.00
Ladrillo 19	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.30	293.93	13226.00	45.00
Ladrillo 20	08/02/2020	07/03/2020	28	22.30	13.40	298.82	13446.00	45.00
Ladrillo 21	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.10	289.51	12738.00	44.00
Ladrillo 22	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.40	297.48	16063.00	54.00
Ladrillo 23	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.20	293.04	16117.00	55.00
Ladrillo 24	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.30	295.26	17125.00	58.00
Ladrillo 25	08/02/2020	07/03/2020	28	22.40	13.40	300.16	13507.00	45.00
Ladrillo 26	08/02/2020	07/03/2020	28	22.50	13.40	301.50	16884.00	56.00
Ladrillo 27	08/02/2020	07/03/2020	28	22.70	13.40	304.18	16729.00	55.00
Ladrillo 28	08/02/2020	07/03/2020	28	21.90	13.00	284.70	13665.00	48.00
Ladrillo 29	08/02/2020	07/03/2020	28	21.90	13.20	289.08	15032.00	52.00
Ladrillo 30	08/02/2020	07/03/2020	28	22.00	13.40	294.80	15034.00	51.00
Ladrillo 31	08/02/2020	07/03/2020	28	22.00	13.20	290.40	14810.00	51.00
Ladrillo 32	08/02/2020	07/03/2020	28	21.80	13.30	289.94	14207.00	49.00
Ladrillo 33	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.00	287.30	17525.00	61.00
Ladrillo 34	08/02/2020	07/03/2020	28	21.50	12.80	275.20	16236.00	59.00
Ladrillo 35	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.10	290.82	14541.00	50.00
<b>Promedio</b>								<b>52.26</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"

AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo

FECHA : MARZO DE 2020

**RESISTENCIA A LA COMPRESION**

Ladrillo Modificado

Descripcion	Fecha Elab.	Fecha Ensayo	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
Ladrillo 1	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.50	299.70	20079.00	67.00
Ladrillo 2	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.40	296.14	18952.00	64.00
Ladrillo 3	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.50	298.35	18497.00	62.00
Ladrillo 4	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.40	297.48	15766.00	53.00
Ladrillo 5	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.30	293.93	17047.00	58.00
Ladrillo 6	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.60	300.56	18935.00	63.00
Ladrillo 7	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.60	300.56	20438.00	68.00
Ladrillo 8	08/02/2020	07/03/2020	28	22.30	13.50	301.05	18364.00	61.00
Ladrillo 9	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.60	301.92	15699.00	52.00
Ladrillo 10	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.40	296.14	22210.00	75.00
Ladrillo 11	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.50	299.70	20079.00	67.00
Ladrillo 12	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.40	296.14	20137.00	68.00
Ladrillo 13	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.50	298.35	17602.00	59.00
Ladrillo 14	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.40	297.48	19038.00	64.00
Ladrillo 15	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.30	293.93	19987.00	68.00
Ladrillo 16	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.60	300.56	18334.00	61.00
Ladrillo 17	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.60	300.56	17733.00	59.00
Ladrillo 18	08/02/2020	07/03/2020	28	22.30	13.50	301.05	19869.00	66.00
Ladrillo 19	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.60	301.92	21738.00	72.00
Ladrillo 20	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.40	296.14	18656.00	63.00
Ladrillo 21	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.40	296.14	16287.00	55.00
Ladrillo 22	08/02/2020	07/03/2020	28	22.40	13.40	300.16	20711.00	69.00
Ladrillo 23	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.40	297.48	15468.00	52.00
Ladrillo 24	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.30	293.93	20575.00	70.00
Ladrillo 25	08/02/2020	07/03/2020	28	22.40	13.40	300.16	17409.00	58.00
Ladrillo 26	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.40	296.14	18952.00	64.00
Ladrillo 27	08/02/2020	07/03/2020	28	22.30	13.40	298.82	19124.00	64.00
Ladrillo 28	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.50	298.35	17602.00	59.00
Ladrillo 29	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.30	293.93	19987.00	68.00
Ladrillo 30	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.20	293.04	21098.00	72.00
Ladrillo 31	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.40	296.14	18656.00	63.00
Ladrillo 32	08/02/2020	07/03/2020	28	22.30	13.40	298.82	19423.00	65.00
Ladrillo 33	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.50	298.35	19989.00	67.00
Ladrillo 34	08/02/2020	07/03/2020	28	22.10	13.30	293.93	17341.00	59.00
Ladrillo 35	08/02/2020	07/03/2020	28	22.20	13.20	293.04	20219.00	69.00
							<b>Promedio</b>	<b>63.54</b>



**TESIS** "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
**AUTORES** : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
**FECHA** : MARZO DE 2020

### VARIACION DIMENSIONAL

#### Ladrillo patrón

Descripcion	Largo (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L prom.
Ladrillo 1	224.00	220.00	222.00	220.00	221.50
Ladrillo 2	223.00	222.00	222.00	222.00	222.25
Ladrillo 3	221.00	222.00	224.00	220.00	221.75
<b>Dimensión promedio (mm)</b>					<b>221.83</b>
<b>Dimensión establecida (mm)</b>					<b>220.00</b>
<b>Variación dimensional (%)</b>					<b>0.83</b>

Descripcion	Ancho (mm)		
	A1	A2	A prom.
Ladrillo 1	133.00	132.00	132.50
Ladrillo 2	132.00	133.00	132.50
Ladrillo 3	132.00	134.00	133.00
<b>Dimensión promedio (mm)</b>			<b>132.67</b>
<b>Dimensión establecida (mm)</b>			<b>130.00</b>
<b>Variación dimensional (%)</b>			<b>2.05</b>

Descripcion	Altura (mm)				
	H1	H2	H3	H4	L prom.
Ladrillo 1	95.00	92.00	93.00	91.00	92.75
Ladrillo 2	92.00	91.00	94.00	94.00	92.75
Ladrillo 3	93.00	91.00	94.00	93.00	92.75
<b>Dimensión promedio (mm)</b>					<b>92.75</b>
<b>Dimensión establecida (mm)</b>					<b>90.00</b>
<b>Variación dimensional (%)</b>					<b>3.06</b>



**TESIS** "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
**AUTORES** : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
**FECHA** : MARZO DE 2020

### VARIACION DIMENSIONAL

#### Ladrillo modificado

Descripcion	Largo (mm)				
	L1	L2	L3	L4	L prom.
Ladrillo 1	220.00	222.00	223.00	223.00	222.00
Ladrillo 2	221.00	222.00	222.00	221.00	221.50
Ladrillo 3	222.00	221.00	221.00	223.00	221.75
<b>Dimensión promedio (mm)</b>					<b>221.75</b>
<b>Dimensión establecida (mm)</b>					<b>220.00</b>
<b>Variación dimensional (%)</b>					<b>0.80</b>

Descripcion	Ancho (mm)		
	A1	A2	A prom.
Ladrillo 1	134.00	132.00	133.00
Ladrillo 2	134.00	133.00	133.50
Ladrillo 3	135.00	132.00	133.50
<b>Dimensión promedio (mm)</b>			<b>133.33</b>
<b>Dimensión establecida (mm)</b>			<b>130.00</b>
<b>Variación dimensional (%)</b>			<b>2.56</b>

Descripcion	Altura (mm)				
	H1	H2	H3	H4	L prom.
Ladrillo 1	88.00	90.00	87.00	87.00	88.00
Ladrillo 2	85.00	89.00	89.00	88.00	87.75
Ladrillo 3	89.00	91.00	88.00	89.00	89.25
<b>Dimensión promedio (mm)</b>					<b>88.33</b>
<b>Dimensión establecida (mm)</b>					<b>90.00</b>
<b>Variación dimensional (%)</b>					<b>1.85</b>


**TESIS** "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
**AUTORES** : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
**FECHA** : MARZO DE 2020

### ALABEO

#### Ladrillo patron

Descripcion	Distorsion (mm)			
	Superficies			
	Inferior		Superior	
Ladrillo 1	3.00	concavo	2.00	convexo
Ladrillo 2	1.00	concavo	4.00	convexo
Ladrillo 3	1.00	concavo	3.00	convexo
<b>Promedio</b>	<b>1.70</b>		<b>3.00</b>	
	<b>concavo</b>		<b>convexo</b>	

Descripcion	Distorsion (mm)							
	Bordes							
	Derecho		Izquierdo		Frente		Detrás	
Ladrillo 1	2.00	convexo	1.00	convexo	2.00	convexo	1.00	convexo
Ladrillo 2	1.00	convexo	1.00	convexo	2.00	convexo	1.00	convexo
Ladrillo 3	1.00	convexo	1.00	convexo	1.00	convexo	2.00	convexo
<b>Promedio</b>	<b>1.30</b>							
	<b>convexo</b>							


**UNS**  
 UNIVERSIDAD  
 NACIONAL DEL SANTA  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**TESIS** "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
**AUTORES** : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
**FECHA** : MARZO DE 2020

### ALABEO


#### Ladrillo modificado

Descripcion	Distorsion (mm)			
	Superficies			
	Inferior		Superior	
Ladrillo 1	1.00	concavo	2.00	convexo
Ladrillo 2	3.00	concavo	3.00	convexo
Ladrillo 3	2.00	concavo	4.00	convexo
<b>Promedio</b>	<b>2.00</b>		<b>3.00</b>	
	<b>concavo</b>		<b>convexo</b>	

Descripcion	Distorsion (mm)							
	Bordes							
	Derecho		Izquierdo		Frente		Detrás	
Ladrillo 1	1.00	convexo	2.00	convexo	2.00	convexo	1.00	convexo
Ladrillo 2	2.00	convexo	1.00	convexo	2.00	convexo	2.00	convexo
Ladrillo 3	2.00	convexo	1.00	convexo	1.00	convexo	1.00	convexo
<b>Promedio</b>	<b>1.50</b>							
	<b>convexo</b>							

### 7.3.2. Ensayos no clasificatorios

#### Ladrillo patrón

 <b>UNS</b> <small>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</small>	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES</b>																														
<b>TESIS</b>	"PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"																														
<b>AUTORES</b>	: Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo																														
<b>FECHA</b>	: MARZO DE 2020																														
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Descripcion</th> <th style="width: 25%;">Peso recibido (g)</th> <th style="width: 25%;">Peso seco (g)</th> <th style="width: 25%;">Contenido de humedad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ladrillo 1</td> <td>5080.00</td> <td>4970.00</td> <td>2.21</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 2</td> <td>5110.00</td> <td>4990.00</td> <td>2.40</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 3</td> <td>5180.00</td> <td>5050.00</td> <td>2.57</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 4</td> <td>5060.00</td> <td>4960.00</td> <td>2.02</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 5</td> <td>5180.00</td> <td>5060.00</td> <td>2.37</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Promedio</b></td> <td><b>2.32</b></td> </tr> </tbody> </table>				Descripcion	Peso recibido (g)	Peso seco (g)	Contenido de humedad (%)	Ladrillo 1	5080.00	4970.00	2.21	Ladrillo 2	5110.00	4990.00	2.40	Ladrillo 3	5180.00	5050.00	2.57	Ladrillo 4	5060.00	4960.00	2.02	Ladrillo 5	5180.00	5060.00	2.37	<b>Promedio</b>			<b>2.32</b>
Descripcion	Peso recibido (g)	Peso seco (g)	Contenido de humedad (%)																												
Ladrillo 1	5080.00	4970.00	2.21																												
Ladrillo 2	5110.00	4990.00	2.40																												
Ladrillo 3	5180.00	5050.00	2.57																												
Ladrillo 4	5060.00	4960.00	2.02																												
Ladrillo 5	5180.00	5060.00	2.37																												
<b>Promedio</b>			<b>2.32</b>																												

 <b>UNS</b> <small>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</small>	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES</b>																																						
<b>TESIS</b>	"PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"																																						
<b>AUTORES</b>	: Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo																																						
<b>FECHA</b>	: MARZO DE 2020																																						
<b>SUCCION</b>																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Descripcion</th> <th style="width: 20%;">Peso seco (g)</th> <th style="width: 20%;">Peso saturado (g)</th> <th style="width: 20%;">Superficie de asiento (cm<sup>2</sup>)</th> <th style="width: 20%;">Succión (g/cm<sup>2</sup>-min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ladrillo 1</td> <td>4970.00</td> <td>5020.00</td> <td>293.488</td> <td>34.07</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 2</td> <td>4990.00</td> <td>5040.00</td> <td>294.481</td> <td>33.96</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 3</td> <td>5050.00</td> <td>5100.00</td> <td>294.928</td> <td>33.91</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 4</td> <td>4960.00</td> <td>5020.00</td> <td>295.260</td> <td>40.64</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 5</td> <td>5060.00</td> <td>5110.00</td> <td>291.601</td> <td>34.29</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><b>Promedio</b></td> <td><b>35.37</b></td> </tr> </tbody> </table>					Descripcion	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Superficie de asiento (cm <sup>2</sup> )	Succión (g/cm <sup>2</sup> -min)	Ladrillo 1	4970.00	5020.00	293.488	34.07	Ladrillo 2	4990.00	5040.00	294.481	33.96	Ladrillo 3	5050.00	5100.00	294.928	33.91	Ladrillo 4	4960.00	5020.00	295.260	40.64	Ladrillo 5	5060.00	5110.00	291.601	34.29	<b>Promedio</b>				<b>35.37</b>
Descripcion	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Superficie de asiento (cm <sup>2</sup> )	Succión (g/cm <sup>2</sup> -min)																																			
Ladrillo 1	4970.00	5020.00	293.488	34.07																																			
Ladrillo 2	4990.00	5040.00	294.481	33.96																																			
Ladrillo 3	5050.00	5100.00	294.928	33.91																																			
Ladrillo 4	4960.00	5020.00	295.260	40.64																																			
Ladrillo 5	5060.00	5110.00	291.601	34.29																																			
<b>Promedio</b>				<b>35.37</b>																																			



**TESIS** "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
**AUTORES** : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
**FECHA** : MARZO DE 2020

**ABSORCION**

Descripcion	Peso saturado en agua fría (g)	Peso seco (g)	Absorción (%)
Ladrillo 1	5320.00	4970.00	7.04
Ladrillo 2	5360.00	4990.00	7.41
Ladrillo 3	5430.00	5050.00	7.52
Ladrillo 4	5310.00	4960.00	7.06
Ladrillo 5	5410.00	5060.00	6.92
<b>Promedio</b>			<b>7.19</b>

**ABSORCION MAXIMA**

Descripcion	Peso saturado en agua caliente (g)	Peso seco (g)	Absorción (%)
Ladrillo 1	5450.00	4970.00	9.66
Ladrillo 2	5490.00	4990.00	10.02
Ladrillo 3	5530.00	5050.00	9.50
Ladrillo 4	5470.00	4960.00	10.28
Ladrillo 5	5540.00	5060.00	9.49
<b>Promedio</b>			<b>9.79</b>

**COEFICIENTE DE SATURACION**

Descripcion	Peso saturado en agua fría (g)	Peso saturado en agua caliente (g)	Peso seco (g)	Coef. Saturación
Ladrillo 1	5320.00	5450.00	4970.00	0.73
Ladrillo 2	5360.00	5490.00	4990.00	0.74
Ladrillo 3	5430.00	5530.00	5050.00	0.79
Ladrillo 4	5310.00	5470.00	4960.00	0.69
Ladrillo 5	5410.00	5540.00	5060.00	0.73
<b>Promedio</b>				<b>0.74</b>




**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES


TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
FECHA : MARZO DE 2020

**DENSIDAD**

Descripcion	Peso saturado sumergido (g)	Peso saturado en agua fría (g)	Peso seco (g)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Ladrillo 1	2580.00	5320.00	4970.000	1813.87
Ladrillo 2	2600.00	5360.00	4990.000	1807.97
Ladrillo 3	2670.00	5430.00	5050.000	1829.71
Ladrillo 4	2590.00	5310.00	4960.000	1823.53
Ladrillo 5	2650.00	5410.00	5060.000	1833.33
			<b>Promedio</b>	<b>1821.68</b>

**Ladrillo modificado**

 <b>UNS</b> <small>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</small>	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES</b>																														
<b>TESIS</b>	"PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"																														
<b>AUTORES</b>	: Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo																														
<b>FECHA</b>	: MARZO DE 2020																														
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Descripcion</th> <th style="width: 25%;">Peso recibido (g)</th> <th style="width: 25%;">Peso seco (g)</th> <th style="width: 25%;">Contenido de humedad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ladrillo 1</td> <td>4640.00</td> <td>4520.00</td> <td>2.65</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 2</td> <td>4670.00</td> <td>4540.00</td> <td>2.86</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 3</td> <td>4760.00</td> <td>4630.00</td> <td>2.81</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 4</td> <td>4620.00</td> <td>4500.00</td> <td>2.67</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 5</td> <td>4740.00</td> <td>4610.00</td> <td>2.82</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Promedio</b></td> <td><b>2.76</b></td> </tr> </tbody> </table>				Descripcion	Peso recibido (g)	Peso seco (g)	Contenido de humedad (%)	Ladrillo 1	4640.00	4520.00	2.65	Ladrillo 2	4670.00	4540.00	2.86	Ladrillo 3	4760.00	4630.00	2.81	Ladrillo 4	4620.00	4500.00	2.67	Ladrillo 5	4740.00	4610.00	2.82	<b>Promedio</b>			<b>2.76</b>
Descripcion	Peso recibido (g)	Peso seco (g)	Contenido de humedad (%)																												
Ladrillo 1	4640.00	4520.00	2.65																												
Ladrillo 2	4670.00	4540.00	2.86																												
Ladrillo 3	4760.00	4630.00	2.81																												
Ladrillo 4	4620.00	4500.00	2.67																												
Ladrillo 5	4740.00	4610.00	2.82																												
<b>Promedio</b>			<b>2.76</b>																												

 <b>UNS</b> <small>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</small>	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES</b>																																						
<b>TESIS</b>	"PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"																																						
<b>AUTORES</b>	: Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo																																						
<b>FECHA</b>	: MARZO DE 2020																																						
<b>SUCCION</b>																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Descripcion</th> <th style="width: 20%;">Peso seco (g)</th> <th style="width: 20%;">Peso saturado (g)</th> <th style="width: 20%;">Superficie de asiento (cm<sup>2</sup>)</th> <th style="width: 20%;">Succión (g/cm<sup>2</sup>-min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ladrillo 1</td> <td>4520.00</td> <td>4570.00</td> <td>293.488</td> <td>34.07</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 2</td> <td>4540.00</td> <td>4600.00</td> <td>294.481</td> <td>40.75</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 3</td> <td>4630.00</td> <td>4690.00</td> <td>294.928</td> <td>40.69</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 4</td> <td>4500.00</td> <td>4560.00</td> <td>295.260</td> <td>40.64</td> </tr> <tr> <td>Ladrillo 5</td> <td>4610.00</td> <td>4670.00</td> <td>291.601</td> <td>41.15</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><b>Promedio</b></td> <td><b>39.46</b></td> </tr> </tbody> </table>					Descripcion	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Superficie de asiento (cm <sup>2</sup> )	Succión (g/cm <sup>2</sup> -min)	Ladrillo 1	4520.00	4570.00	293.488	34.07	Ladrillo 2	4540.00	4600.00	294.481	40.75	Ladrillo 3	4630.00	4690.00	294.928	40.69	Ladrillo 4	4500.00	4560.00	295.260	40.64	Ladrillo 5	4610.00	4670.00	291.601	41.15	<b>Promedio</b>				<b>39.46</b>
Descripcion	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Superficie de asiento (cm <sup>2</sup> )	Succión (g/cm <sup>2</sup> -min)																																			
Ladrillo 1	4520.00	4570.00	293.488	34.07																																			
Ladrillo 2	4540.00	4600.00	294.481	40.75																																			
Ladrillo 3	4630.00	4690.00	294.928	40.69																																			
Ladrillo 4	4500.00	4560.00	295.260	40.64																																			
Ladrillo 5	4610.00	4670.00	291.601	41.15																																			
<b>Promedio</b>				<b>39.46</b>																																			



**TESIS** "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
 ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
**AUTORES** : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
 Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
**FECHA** : MARZO DE 2020

**ABSORCION**

Descripcion	Peso saturado en agua fría (g)	Peso seco (g)	Absorción (%)
Ladrillo 1	4930.00	4520.00	9.07
Ladrillo 2	4960.00	4540.00	9.25
Ladrillo 3	5060.00	4630.00	9.29
Ladrillo 4	4920.00	4500.00	9.33
Ladrillo 5	5000.00	4610.00	8.46
<b>Promedio</b>			<b>9.08</b>

**ABSORCION MAXIMA**

Descripcion	Peso saturado en agua caliente (g)	Peso seco (g)	Absorción (%)
Ladrillo 1	5090.00	4520.00	12.61
Ladrillo 2	5110.00	4540.00	12.56
Ladrillo 3	5220.00	4630.00	12.74
Ladrillo 4	5080.00	4500.00	12.89
Ladrillo 5	5190.00	4610.00	12.58
<b>Promedio</b>			<b>12.68</b>

**COEFICIENTE DE SATURACION**

Descripcion	Peso saturado en agua fría (g)	Peso saturado en agua caliente (g)	Peso seco (g)	Coef. Saturación
Ladrillo 1	4930.00	5090.00	4520.00	0.72
Ladrillo 2	4960.00	5110.00	4540.00	0.74
Ladrillo 3	5060.00	5220.00	4630.00	0.73
Ladrillo 4	4920.00	5080.00	4500.00	0.72
Ladrillo 5	5000.00	5190.00	4610.00	0.67
<b>Promedio</b>				<b>0.72</b>





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

TESIS "PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO  
ADICIONANDO POLIETILENO TEREFTALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"  
AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo  
Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo  
FECHA : MARZO DE 2020


**DENSIDAD**

Descripcion	Peso saturado sumergido (g)	Peso saturado en agua fría (g)	Peso seco (g)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Ladrillo 1	2400.00	4930.00	4520.000	1786.56
Ladrillo 2	2420.00	4960.00	4540.000	1787.40
Ladrillo 3	2480.00	5060.00	4630.000	1794.57
Ladrillo 4	2410.00	4920.00	4500.000	1792.83
Ladrillo 5	2430.00	5000.00	4610.000	1793.77
<b>Promedio</b>				<b>1791.03</b>


## 7.4. Anexo N° 04: Ensayos de pilas y muretes

### 7.4.1. Pilas

#### Ladrillo patrón

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES									
TESIS "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"									
AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo									
FECHA : MARZO DE 2020									
RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PRISMAS									
Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Área neta (cm <sup>2</sup> )	hp/tp	Factor de corr.	Carga máxima (kgf)	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	fmt (kg/cm <sup>2</sup> )
PP - 1	221.00	130.25	289.75	287.85	2.22	1.018	9126.00	31.70	32.27
PP - 2	220.75	130.75	289.50	288.63	2.21	1.017	9452.00	32.75	33.30
PP - 3	221.00	131.00	288.50	289.51	2.20	1.016	9215.00	31.83	32.34
<b>Promedio</b>								<b>32.09</b>	<b>32.64</b>

#### Ladrillo modificado

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</b> FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES									
TESIS "PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS"									
AUTORES : Bach. ABAL CACERES, Alembert Hugo Bach. MEDINA CASTRO, Kevin Renzo									
FECHA : MARZO DE 2020									
RESISTENCIA A LA COMPRESION EN PRISMAS									
Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Área neta (cm <sup>2</sup> )	hp/tp	Factor de corr.	Carga máxima (kgf)	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	fmt (kg/cm <sup>2</sup> )
PM - 1	221.50	131.00	289.00	290.17	2.21	1.016	12412.00	42.78	43.46
PM - 2	221.00	131.25	289.00	290.06	2.20	1.016	12586.00	43.39	44.08
PM - 3	221.75	130.50	289.75	289.38	2.22	1.018	12050.00	41.64	42.39
<b>Promedio</b>								<b>42.60</b>	<b>43.31</b>

## 7.4.2. Muretes



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carro de Ingeniería Civil Acreditado por  
**ABET** | Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

---

**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : ALEMBERT HUGO ABAL CACERES - KEVIN RENZO MEDINA CASTRO  
**Obra** : TESIS: " PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL DE CEMENTO ADICIONANDO POLIETILENO TEREFALATO TRITURADO Y ADITIVOS QUÍMICOS - NUEVO CHIMBOTE - 2019"

**Asunto** : Ensayo de Compresión Diagonal en murete de Albañilería  
**Expediente N°** : 20-0943  
**Recibo N°** : 70327  
**Fecha de emisión** : 20/07/2020

---

**1.0. DE LA MUESTRA** : Muretes elaborados, con ladrillos de concreto convencionales (M1 C). Muretes elaborados con ladrillos de concreto con pet triturado más aditivo plastificante y cemento Sol Tipo I (M1, M2 y M3). Los ladrillos fueron proporcionados por el solicitante.

**2.0. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura ambiente = 19.2 °C H.R. = 67.5 %

**3.0. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo universal, TOKYOKOKI SEIZOSHO  
Certificado de Calibración: CMC-066-2019  
Se utilizó las escuadras de acero de acuerdo a la NTP 399.621.

**4.0. MÉTODO DE ENSAYO** : Normas de referencia NTP 399.621.2015 y E-070 del RNE.  
Procedimiento interno AT-PR-08.

**5.0. RESULTADOS** :

MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES DEL MURETE (cm)			ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (Kg)	COMPRESIÓN DIAGONAL (Kg/cm <sup>2</sup> )
		LARGO (l)	ANCHO (h)	ESPESOR (t)			
M 1 - C	14/07/2020	58,0	59,1	13,0	761,2	9200	8,5
M 1	14/07/2020	58,0	59,0	13,1	766,4	15400	14,2
M 2	14/07/2020	59,5	59,2	13,2	783,4	19000	17,1
M 3	14/07/2020	58,0	59,1	13,1	767,0	16300	15,0

Resistencia compresión promedio del mortero = 260 (kg/ cm<sup>2</sup>)

**6.0. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.  
Técnico : Sr. E.G.V./R.V.M./C.G.


MSc. Ing. Isabel Moromí Nakata  
Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

### Ladrillo patrón

Muestra	Compresión diagonal (kg/cm <sup>2</sup> )
M 1 - C	8.50

### Ladrillo modificado

Muestra	Compresión diagonal (kg/cm <sup>2</sup> )
M1	14.20
M2	17.10
M3	15.00
<b>Promedio</b>	<b>15.43</b>

## 7.5. Anexo N° 05: Panel Fotográfico



**Foto 1:** Planta recicladora de residuos sólidos ubicado en la Panamericana Norte, en las coordenadas  $9^{\circ}00'03.16''S$  y  $78^{\circ}37'05.97''O$ .

**Foto 2.** Ingreso a la planta recicladora con restos de botellas plásticas del tipo PET reciclados por nosotros.



**Foto 3.** Zona de apilamiento de residuos plásticos en la planta recicladora





**Foto 4.** Visita a las ladrilleras artesanales en San Luis.

**Foto 5.** Elaboración de ladrillos artesanales elaborados en la Asociación de ladrilleros de San Luis.



**Foto 6.** Muestra del agregado fino (arena gruesa) proveniente de la cantera Medina.



**Foto 7.** Muestra del agregado grueso (confitillo) proveniente de la cantera Medina.

**Foto 8.** Ensayo de cuarteo de la arena gruesa para ser tamizado.



**Foto 9.** Ensayo de cuarteo del confitillo para ser tamizado.



**Foto 10.** Selección de muestra representativa del agregado grueso para el análisis granulométrico.

**Foto 11.** Selección de muestra representativa del agregado fino para el análisis granulométrico.



**Foto 12.** Tamices normalizados para el análisis granulométrico de los agregados.





**Foto 13.** Peso de la muestra representativa para el análisis granulométrico.

**Foto 14.** Pesos retenidos de agregado grueso en cada tamiz normalizado.



**Foto 15.** Molde para realizar el ensayo de peso volumétrico suelto y compactado de los agregados.



**Foto 16.** Ensayo de peso volumétrico  
suelto del agregado fino.

**Foto 17.** Ensayo de peso volumétrico  
compactado del agregado fino.



**Foto 18.** Ensayo de contenido de  
humedad de los agregados.



**Foto 19.** Arena gruesa saturada para realización de ensayo de peso específico y absorción.

**Foto 20.** Confitillo saturado para realización de ensayo de peso específico.



**Foto 21.** Ensayo de peso específico de la arena gruesa.



**Foto 22.** Ensayo de peso específico del confitillo.

**Foto 23.** Ensayo de cuarteo para selección de muestra representativa para ensayo de absorción.



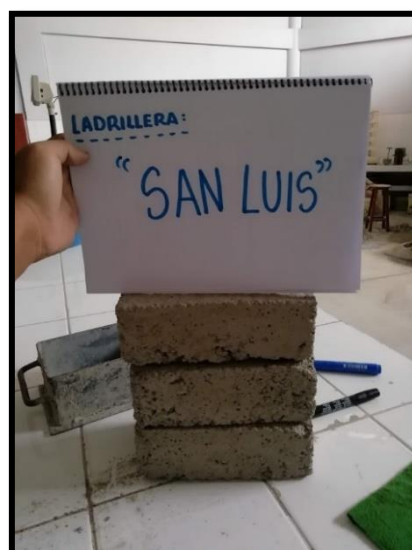
**Foto 24.** Proceso de secado superficial para ensayo de absorción.

**Foto 25.** Proceso de compactación en molde cónico para verificación de punto de desmoronamiento en ensayo de absorción.



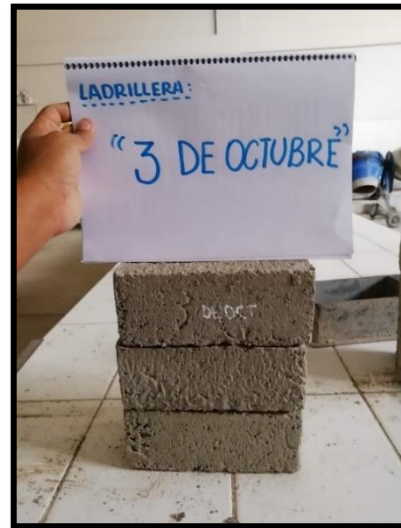
**Foto 26.** Ladrillos de una de las ladrilleras artesanales visitadas, Sharito.

**Foto 27.** Ladrillos de una de las ladrilleras artesanales visitadas, San Luis.





**Foto 28.** Ladrillos de una de las ladrilleras artesanales visitadas, 3 de octubre.



**Foto 29** Toma de medidas de molde para la ejecución de ladrillos.

**Foto 30.** Proceso de mezclado de insumos para elaboración de ladrillo artesanal de cemento.





**Foto 31.** Incorporación de agua para la hidratación del cemento en la mezcla para elaboración de ladrillo artesanal de cemento.

**Foto 32.** Verificación de proceso de mezclado.



**Foto 33.** Ejecución de ladrillos artesanales de cemento en moldes de 23x13x9 cm.



**Foto 34.** Tendido de ladrillos artesanales de cemento en distintas dosificaciones.

**Foto 35.** Secado de ladrillos artesanales de cemento en distintas dosificaciones.



**Foto 36.** Curado de ladrillo artesanal con distintas dosificaciones en poza con agua y cal.





**Foto 37.** Apilamiento de los ladrillos artesanales de cemento en distintas dosificaciones.

**Foto 38.** Ensayo de resistencia a la compresión de ladrillo artesanal de cemento (determinación de ladrillo patrón) en la dosificación 1:6:3.



**Foto 39.** Ensayo de resistencia a la compresión de ladrillo artesanal de cemento (determinación de ladrillo patrón) en la dosificación 1:8:2.





**Foto 40.** Ensayo de resistencia a la compresión de ladrillo artesanal de cemento (determinación de ladrillo patrón) en la dosificación 1:7:3.

**Foto 41.** Proceso de mezclado de insumos (arena gruesa, confitillo y cemento) para elaboración de ladrillo artesanal de cemento con PET.



**Foto 42.** Proceso de mezclado de insumos e incorporación de PET triturado para elaboración de ladrillo artesanal de cemento.



**Foto 43.** Tendido y posterior secado y curado de los ladrillos artesanales de cemento con PET.

**Foto 44.** Toma de medidas de dimensiones de los ladrillos elaborados con regla metálica con aproximación a 1 mm.



**Foto 45.** Realización del capping en los ladrillos con PET para ser ensayados en la máquina de ensayo de resistencia a la compresión.



**Foto 46.** Ensayo de resistencia a la compresión de ladrillo artesanal de cemento con PET.

**Foto 47.** Elaboración de mezcla para ladrillos artesanales de cemento con PET y aditivo químico Acelerante de fragua.



**Foto 48.** Incorporación de agua y aditivo químico acelerante de fragua en la mezcla.





**Foto 49.** Tendido de ladrillos elaborados con PET y aditivo acelerante de fragua.

**Foto 50.** Apilamiento de ladrillos con PET y aditivo acelerante de fragua en distintas dosificaciones para ser ensayados en la máquina de resistencia a la compresión.



**Foto 51.** Ensayo de resistencia a la compresión de ladrillos con PET y aditivo acelerante de fragua en distintas dosificaciones.



**Foto 52.** Elaboración de mezcla para ladrillos artesanales de cemento con PET y aditivo químico Plastificante.

**Foto 53.** Elaboración ladrillos artesanales de cemento con PET y aditivo químico Plastificante.



**Foto 54.** Tendido, secado y curado de ladrillos artesanales de cemento con PET y aditivo químico Plastificante.



**Foto 55.** Elaboración de prismas (pilas) con ladrillos de cemento Patrón y Modificado, para ensayo de resistencia a la compresión.

**Foto 56.** Empacado de ladrillos para ser trasladados a Lima al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI, para que se realice el ensayo de compresión diagonal en muretes.



**Foto 57.** Visita al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería.





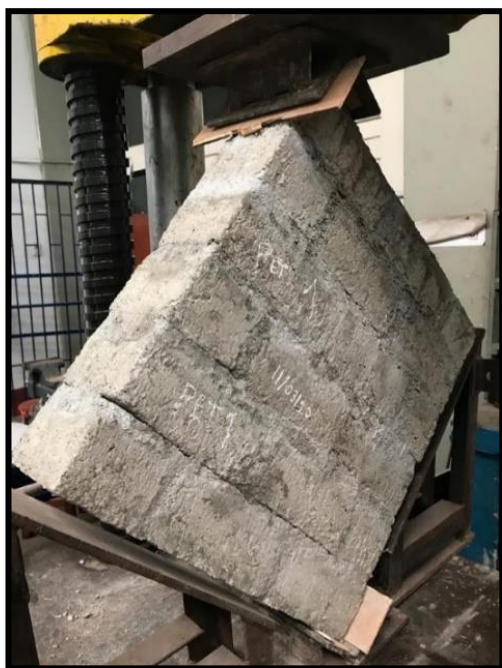
**Foto 58.** Máquina de ensayo de compresión diagonal en murete, modelo Tokyokoki Seizosho.

**Foto 59.** Ensayo de compresión diagonal en murete elaborado con ladrillos de cemento convencionales (Patrón).



**Foto 60.** Resultados de ensayo de compresión diagonal en murete elaborado con ladrillos de cemento convencionales (Patrón), mostrando el tipo de falla escalonada.





**Foto 61.** Ensayo de compresión diagonal en murete elaborado con ladrillos de cemento (incorporado PET y aditivo químico plastificante).

**Foto 62.** Resultados de ensayo de compresión diagonal en murete elaborado con ladrillos de cemento (Modificado), mostrando el tipo de falla por contracción diagonal.



# Tesis Abal y Medina

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	11%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="http://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://proyectopolimeroshdt.blogspot.com">proyectopolimeroshdt.blogspot.com</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%

10	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://www.studocu.com">www.studocu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	<1 %
13	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://habysoyeharia.fun">habysoyeharia.fun</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://www.asocem.org.pe">www.asocem.org.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://de.slideshare.net">de.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
20	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://repository.unad.edu.co">repository.unad.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %

22

repositorio.unsaac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

---

23

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

---

24

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 40 words

Excluir bibliografía

Activo