

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

“INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE MUROS DE ADOBE A ESCALA POR LA INCLUSIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN SU COMPOSICIÓN”

Línea de Investigación:

Materiales de Construcción

Autor:

Br. Moncada Castagne Andrea Yolami

Asesor:

Ing. Galicia Guarníz William Conrad

TRUJILLO, PERÚ

2019

Fecha de sustentación: 2019/10/11

MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR

Tesis: “INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE MUROS DE ADOBE A ESCALA POR LA INCLUSIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN SU COMPOSICIÓN”

Presentada por:

BACH. ANDREA YOLAMI MONCADA CASTAGNE

Aprobado por el jurado:

ING. MANUEL ANTONIO VILLALOBOS VARGAS

PRESIDENTE

ING. EIREN J. REBAZA SANCHEZ

SECRETARIO

ING. ROLANDO OCHOA ZEVALLOS

VOCAL

ING. WILLIAM CONRAD GALICIA GUARNIZ

ASESOR

PRESENTACIÓN

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, es grato poner a vuestra consideración, la presente Tesis titulada: **“INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE MUROS DE ADOBE A ESCALA POR LA INCLUSIÓN DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN SU COMPOSICIÓN”**; con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Andrea Yolami Moncada Castagne

DEDICATORIA

A mis padres, de quienes siempre he recibido apoyo para ser mejor persona, aconsejándome y motivándome en cada paso que doy. Les agradezco mucho por sus consejos y sus deseos.

A mis hermanas menores, a las cuales quiero mucho y de quienes quiero ser un ejemplo a seguir, siempre las apoyaré para crecer juntas en la vida.

Andrea Moncada Castagne.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor el Ing. William Conrad Galicia Guarniz por ofrecerme sus conocimientos, experiencia y dedicar parte de su tiempo en guiarme en el desarrollo de la presente investigación. De igual modo por brindarme su apoyo y culminar con éxito esta tesis.

A la Universidad Privada Antenor Orrego por ser parte de mi vida profesional, y por permitirme realizar mis estudios de pregrado, así también a los diferentes docentes que brindaron sus saberes y su soporte para triunfar en la vida.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN..... | v |
| ABSTRACT..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 3 |
| 1.1. Descripción del problema..... | 3 |
| 1.2. Formulación del Problema..... | 4 |
| 1.3. Objetivo general | 4 |
| 1.4. Objetivos específicos | 4 |
| 1.5. Justificación de la investigación | 4 |
| 1.6. Viabilidad de la investigación | 5 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 6 |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales | 6 |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales..... | 7 |
| 2.2. Bases teóricas | 8 |
| 2.3. Definiciones conceptuales | 14 |
| 2.4. Hipótesis | 15 |
| 2.5. Variables dependientes e independientes | 15 |
| 2.6. Operacionalización de las variables (Dimensiones e indicadores)..... | 16 |
| CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 17 |
| 3.1. Tipo de investigación, enfoque y alcance o nivel..... | 17 |
| 3.1.1. Nivel de investigación | 17 |
| 3.1.2. Diseño de la investigación | 17 |
| 3.2. Población y muestra..... | 17 |
| 3.2.1. Población..... | 17 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.2. Muestra..... | 17 |
| 3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 17 |
| 3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información..... | 30 |
| CAPÍTULO IV RESULTADOS | 31 |
| 4.1. Resultados obtenidos para la elaboración de adobes (unidad, pilas y muros) sin porcentajes de Tereftalato de Polietileno (PET) | 31 |
| 4.2. Resultados obtenidos con la adición de Tereftalato de Polietileno: | 33 |
| 4.3. Cuadro comparativo de resistencia promedio entre bloques, pilas y muros con y sin adición de Tereftalato de Polietileno:..... | 40 |
| 4.4. Gráfica Esfuerzo – Deformación en los prototipos: | 40 |
| CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 42 |
| 5.1. Resistencia máxima de bloques, pilas y muros de adobe sin adición de Tereftalato de Polietileno (PET): | 42 |
| CONCLUSIONES | 44 |
| RECOMENDACIONES..... | 45 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 46 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1. Propiedades del PET</i> | 9 |
| <i>Tabla 2. Operacionalización de variables</i> | 16 |
| <i>Tabla 3. Resistencia de carga máxima a compresión por bloque sin % PET</i> | 31 |
| <i>Tabla 4. Resistencia de carga máxima a compresión por pilas sin % PET</i> | 31 |
| <i>Tabla 5. Resistencia de carga máxima a compresión por murete sin % PET</i> | 32 |
| <i>Tabla 6. Resistencia de carga máxima a compresión por bloque con 2 % PET</i> | 33 |
| <i>Tabla 7. Resistencia de carga máxima a compresión por pila con 2% PET</i> | 34 |
| <i>Tabla 8. Resistencia de carga máxima a compresión por murete con 2% PET</i> | 35 |
| <i>Tabla 9. Resistencia de carga máxima a compresión por bloque con 4% PET</i> | 36 |
| <i>Tabla 10. Resistencia de carga máxima a compresión por pila con 4% PET</i> | 36 |
| <i>Tabla 11. Resistencia de carga máxima a compresión por murete con 4% PET</i> | 37 |
| <i>Tabla 12. Resistencia de carga máxima a compresión por bloque con 6% PET</i> | 38 |
| <i>Tabla 13. Resistencia de carga máxima a compresión por pila con 6% PET</i> | 38 |
| <i>Tabla 14. Resistencia de carga máxima a compresión por murete con 6% PET</i> | 39 |
| <i>Tabla 15. Resumen de resistencias máximas por prototipo</i> | 40 |
| <i>Tabla 16. Índice de mejora con 2% de PET</i> | 42 |
| <i>Tabla 17. Índice de mejora con 4% de PET</i> | 42 |
| <i>Tabla 18. Índice de mejora con 6% de PET</i> | 43 |

INDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| <i>GRÁFICO N° 1. Esfuerzo- deformación de bloque</i> | 40 |
| <i>GRÁFICO N° 2. Esfuerzo - deformación de pila</i> | 41 |
| <i>GRÁFICO N° 3. Esfuerzo - deformación de murete</i> | 41 |

INDICE DE FOTOS

| | |
|--|----|
| <i>Foto N° 1. Cortadora de PET</i> | 20 |
| <i>Foto N° 2. Tiras de PET</i> | 21 |
| <i>Foto N° 3. Fibras de PET</i> | 21 |

| | |
|---|----|
| <i>Foto N° 4. Adobe a escala real</i> | 22 |
| <i>Foto N° 5. Adobe pulverizado</i> | 22 |
| <i>Foto N° 6. Procedimiento de cernido de adobe pulverizado</i> | 23 |
| <i>Foto N° 7. Materiales listos para la mezcla</i> | 23 |
| <i>Foto N° 8. Molde para adobe a escala 1/4</i> | 24 |
| <i>Foto N° 9. Mezcla de adobes en molde</i> | 24 |
| <i>Foto N° 10. Muestras de adobe a escala ¼</i> | 25 |
| <i>Foto N° 11. Pilas y muretes armados</i> | 26 |
| <i>Foto N° 12. Muretes armados</i> | 26 |
| <i>Foto N° 13. Instalación de bloque de adobe para ensayo a compresión</i> | 27 |
| <i>Foto N° 14. Toma de datos de ensayo</i> | 28 |
| <i>Foto N° 15. Inicio de ensayo a compresión a pila de adobe</i> | 28 |
| <i>Foto N° 16 Primeras grietas en prototipo de pila de adobe</i> | 29 |
| <i>Foto N° 17. Instalación de murete de adobe para ensayo a tracción diagonal</i> | 29 |
| <i>Foto N° 18. Primeras fisuras en prototipo de murete de adobe</i> | 30 |

RESUMEN

Se realizó la siguiente investigación con dos propósitos: mejorar la técnica de fabricación de adobe y hacer uso del reciclaje, para lo cual se fabricaron 300 adobes a escala 1:400, de los cuales 225 tenían como adición determinado porcentaje de Tereftalato de polietileno (PET).

Para saber cuál es la incidencia del tereftalato de polietileno (PET) en las propiedades mecánicas de los adobes, se fabricaron 05 bloques de adobe, 05 pilas de adobe y 05 muros de adobe, sin adición alguna del tereftalato de polietileno, los cuales se sometieron a ensayos a compresión, siendo estos un resultado patrón; para continuar los ensayos se fabricaron 05 bloques de adobe, 05 pilas de adobe y 05 muros de adobe con adición de tereftalato de polietileno en diferentes porcentajes (2%, 4% y 6%), los cuales fueron sometidos a los mismos ensayos.

Los resultados evidencian que existe influencia positiva del Tereftalato de Polietileno (PET) en la resistencia del adobe, presentando la mayor resistencia la presentaron bloques, pilas y muretes de adobe con un 6% de Tereftalato de Polietileno en su composición. Sin embargo, el porcentaje recomendado de PET que se adiciona a los prototipos de adobe es el 4%.

ABSTRACT

The following research was carried out with two purposes: to improve the adobe manufacturing technique and make use of recycling, for which 300 adobes were manufactured at a scale of 1:400, of which 225 had as a certain percentage percentage of Polyethylene Terephthalate (PET).

To determine the incidence of polyethylene terephthalate (PET) in the mechanical properties of adobes, 05 adobe blocks, 05 adobe piles and 05 adobe walls were manufactured, without any addition of polyethylene terephthalate, which were submitted to compression tests, these being a standard result; To continue the tests, 05 adobe blocks, 05 adobe piles and 05 adobe walls were added with the addition of polyethylene terephthalate in different percentages (2%, 4% and 6%), which were subjected to the same tests.

The results show that there is a positive influence of Polyethylene Terephthalate (PET) in adobe resistance, presenting the greatest resistance presented by blocks, piles and adobe walls with 6% Polyethylene Terephthalate in its composition. However, the recommended percentage of PET that is added to adobe prototypes is 4%.

INTRODUCCIÓN

El adobe como material de construcción para uso habitacional ha sido utilizado por miles de años por los pueblos de América. Actualmente casi el 50% de las casas en Perú están construidas por este material. La utilización del adobe representa una alternativa viable para resolver el problema de la falta de vivienda, a través de la propuesta de una casa auto construible de bajo costo. Sin embargo, una limitante para desarrollar tal alternativa consiste en que la mayoría de las técnicas constructivas tradicionales que utilizan materiales obtenidos a partir del suelo son resultado del conocimiento empírico. Actualmente a algunas edificaciones con adobe se les coloca paja o una capa de arena gruesa con la finalidad de protegerlos y evitar que se agrieten.

Debido a la creciente demanda de botellas de Tereftalato de Polietileno, que, a pesar que en algunos casos son sometidos a procesos de reciclaje, siguen siendo uno de los más grandes problemas de contaminación, por lo que la presente investigación propone una nueva aplicación de PET para su reutilización.

Se decidió reforzar el adobe con tereftalato de polietileno (PET) que no es más que el plástico reciclado de botellas, el cual genera mucha contaminación por acumulación y degradación lenta, con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas del adobe; diferentes investigaciones han usado este material como adición en mezclas de ladrillos de albañilería y concreto, el cual dio muy buenos resultados, ayudando a que tanto los ladrillos como el concreto sean más resistentes a fisuras. Y ya que no se ha probado dicho material en adobe en esta investigación se planea determinar la incidencia de este plástico en un material tan popular como es el adobe.

Para realizar exitosamente los ensayos correspondientes a este estudio se hicieron 15 prototipos a escala 1:400 con diferentes porcentajes de fibras de tereftalato de polietileno (PET), los cuales fueron sometidos a cargas a compresión, para finalmente elaborar un cuadro comparativo señalando que porcentaje es el más adecuado.

La investigación no tuvo mayores limitaciones, ya que se contó con los materiales y equipos necesarios para comprobar la hipótesis.

CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

La tecnología en materiales de construcción avanza con el tiempo pero el adobe sigue siendo uno de los materiales para construcción de viviendas más usados en el Perú, según el INEI a mediados del 2013 en más del 41.7% de viviendas peruanas predominó el adobe en paredes exteriores, y es que la construcción con este material además de ser sencilla y económica presenta otras ventajas que la hacen atractiva para lograr viviendas ambientalmente responsables como la simplicidad de ejecución, el aislamiento térmico y acústico y dado su bajo costo es muy usado en zonas rurales.

Los procesos constructivos de viviendas originan actividades con impactos negativos hacia el medio ambiente, tanto por los materiales que se emplean como por los procesos mismos. El adobe es un material regional, empleado para la construcción de muros en viviendas, y cuyo proceso de fabricación es amigable con el medio ambiente, sin embargo, su uso ha ido decreciendo, debido a su mal comportamiento ante sismos e inundaciones, por lo que los reglamentos de construcción no le confieren valor estructural alguno.

La materia prima esencial para la fabricación del adobe son elementos presentes en la tierra tales como la arena y las arcillas a los que se les agrega agua para hacer un barro moldeable. Actualmente se les añade otros elementos tales como la paja, ramas o incluso estiércol para aumentar su cohesión. Sin embargo, una de las principales fallas de los muros de tierra es ocasionada por la mala calidad en sus materiales de fabricación tanto en mezcla como en adición.

Entonces teniendo esto en cuenta se pensó en reciclar el plástico PET para fines constructivos, ya que cada día desecharnos grandes cantidades de polímeros en forma de botellas de plástico, cartones y envases de yogurt, además los expertos calculan que gran cantidad de los residuos poliméricos no puede reciclarse y algunos investigadores en la especialidad de materiales de construcción señalan que el concreto reforzado con fibras de PET reciclado proporcionan una mayor

resistencia mecánica y rigidez, además de representar un ahorro en los costos de las materias primas para la elaboración de este material para la construcción.

Por tales motivos la presente investigación pretende analizar la resistencia a compresión y tracción diagonal adicionando porcentualmente tereftalato de polietileno (PET) para comprobar si su uso en muros de tierra es efectivo, tanto en su mezcla de fabricación.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál será la incidencia en las propiedades mecánicas de muros de adobe a escala por la inclusión de tereftalato de polietileno (pet) en su composición?

1.3. Objetivo general

Analizar la incidencia del tereftalato de polietileno en las propiedades mecánicas que tendrán muros y pilares de adobe

1.4. Objetivos específicos

- Obtener las fibras de Tereftalato de Polietileno (PET)
- Elaborar prototipos de bloques, pilas y muretes de adobe.
- Realizar ensayos de compresión a bloques y pilas de adobe y tracción diagonal a los muretes.
- Elaborar cuadro comparativo indicando la incidencia del Tereftalato de Polietileno en los prototipos de adobe.

1.5. Justificación de la investigación

La construcción de viviendas de adobe es una técnica tradicional en el Perú y en muchos otros países en el mundo, las principales razones que han impulsado su utilización desde hace mucho tiempo son la disponibilidad del material, su bajo costo y facilidad de construcción. Otra característica que resalta es su excelente propiedad de aislamiento térmico y acústico.

La presente investigación es un aporte a la ingeniería y tiene 2 enfoques, tanto en mejoramiento técnico como reciclaje, ya que teniendo conocimiento de la

popularidad del adobe como material de construcción se busca reforzar con PET que es un plástico no retornable muy abundante.

Existen distintas investigaciones referentes al tereftalato de polietileno como materia de construcción, las cuales fueron tomadas como antecedentes, por ejemplo, los ladrillos de construcción PET, los cuales son bloques de cemento reforzados con dicho plástico y además un aditivo químico que mejora la adherencia de las partículas de plástico.

Entonces el uso de plástico reciclado PET tendría una buena función como adición a la mezcla convencional del adobe por sus muchas ventajas en el mundo de la construcción como su duración, ya que tiene un largo periodo de degradación; buen aislamiento térmico y además es un material reciclado.

1.6. Viabilidad de la investigación

El presente proyecto es viable dado que se cuenta con el recurso humano y disponibilidad de tiempo para su ejecución, además el financiamiento, disponibilidad de materiales y equipos necesarios para demostrar la hipótesis.

También se cuenta con el acceso a información a través de libros, internet y biblioteca y el asesoramiento del ingeniero.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- **Solís, M., Torrealva, D., Santillán, P., Montoya, G. (2015), realizaron una investigación titulada “Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas”. ETS Ingeniería - Universidad de Sevilla (España).**

El proceso constructivo de viviendas de adobe reforzado con geomallas se encuentran en diversas cartillas elaboradas con el fin de difundir la técnica constructiva a raíz del proceso de reconstrucción de las zonas dañadas en el terremoto de Pisco (Perú) de 2007. El refuerzo con mallas sintéticas es considerado también en diversos artículos científicos.

La idea principal de la técnica de refuerzo con geomalla es que el refuerzo envuelva a los muros, trabajando conjuntamente con ellos. Para conseguirlo, la geomalla se une a la mampostería de adobe mediante trozos de cuerda que atraviesan el muro y que son colocadas en las juntas de mortero durante el proceso constructivo de los muros. Este método de unión se complementa mediante un enlucido del muro con mortero de barro en el cual queda embebida la geomalla. Además, ésta debe estar anclada al cimiento en la parte inferior del muro y envolverlo en su parte superior o anclarse a la viga collar que lo corone.

- **Leonardo Javier Vargas Vera, Edilson Tascón Areisa (2016), realizaron una investigación titulada “Comparación estructural, económica y ambiental de bloques de mortero con botellas plásticas (PET) y ladrillo tradicional macizo de barro”, trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Civil, realizado en la Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Estudios a Distancia – FAEDIS, Bogotá D.C., Colombia.**

En esta investigación se presenta una alternativa de construcción que promete mitigar el daño ambiental utilizando para su fabricación adobes

PET lo cuales están formados por mortero en proporciones 1:3 y 4 botellas plásticas de 200 ml cada una llenas con tierra compactada, estas botellas actúan como aligerante dentro del bloque, y se comparan con un ladrillo convencional para definir sus propiedades físico mecánicas, conocer el precio del metro cuadrado de este nuevo tipo de bloque y conocer su aporte al medio ambiente.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- **Blondet, Torrealva, Villa, Gionocchio (2006), en su investigación titulada “Refuerzo de construcciones de adobe con elementos producidos industrialmente. Estudio preliminar”, como parte de parte de los proyectos aprobados en el Concurso Anual 2005 convocado por la Dirección Académica de Investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú**

Teniendo como objetivo describir el comportamiento y predecir la conducta de muro de adobe sometidos a flexión reforzado con geomallas y así desarrollar una técnica de construcción sismo resistente en adobe que se pueda aplicar masivamente y que contribuya a resolver el problema de falta de vivienda en el Perú. En resumen, este trabajo pretende estudiar el comportamiento dinámico de módulos de adobe reforzados con materiales de fabricación industrial y comparar los resultados que se obtengan con los de investigaciones anteriores en las que se emplearon otras técnicas de refuerzo, tales como la malla interior de caña (Blondet et al 1988) o la malla electro soldada, exterior a los muros, embebida en tarrajeo de cemento (Zegarra et al 1997). El antecedente inmediato de esta investigación es el proyecto Refuerzo de construcciones de adobe con elementos producidos industrialmente, en dicho proyecto se hicieron ensayos estáticos de corte en muros de adobe a escala natural, con diferentes sistemas de refuerzo, tanto interiores como exteriores a los muros, y distintos materiales (cañas, plásticos y mallas de acero)

2.2. Bases teóricas

- Sobre el Tereftalato de Polietileno:

El tereftalato de Polietileno (PET) es un material sintético perteneciente al grupo del poliéster, cuya materia prima es el petróleo, se caracteriza por la baja densidad, transparencia y durabilidad, además de su elevado tiempo de descomposición, la cual es considerada como una desventaja para su aplicación actual como envase.

Sin embargo, presenta una alta rigidez y resistencia, además es una buena barrera al dióxido de carbono y oxígeno, por lo que se considera un material estable a la intemperie e indeformable por el calor hasta los 150°C.

| | PET | PVC | HOPE | PP | PS | HOPE con barreras de Nylon | Vidrio | Aluminio |
|----------------------------------|-----|-----|------|----|----|----------------------------|--------|----------|
| Transparencia | ↑ | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ |
| Resistencia | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ |
| Impermeabilidad | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Barrera para el paso de gases | ↑ | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ |
| Capacidad de llenado en caliente | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ |
| Resistencia a microondas | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ |
| Capacidad de reciclaje | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ |
| Propiedades organolépticas | ↑ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ | ↑ |
| Flexibilidad de formas | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ | ↓ |

→ Subtítulo

↑ Excelente
 ↑ Aceptable
 ↓ Malo
 ↓ Pésimo

Figura 1. Características del PET

El PET ha sido el material más utilizado e importante en el mundo y en el mercado de las botellas de agua, refrescos y alimentos con una producción aproximada de 11 millones de toneladas, debido a su buena combinación de propiedades como la transparencia, baja densidad, alta

resistencia, flexibilidad de formatos, buenas propiedades organolépticas, entre otros.

Tabla 1. Propiedades del PET

| PROPIEDADES DEL PET | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Densidad bruta | 520 kg/m ³ |
| Densidad neta | 1400 kg/m ³ |
| Módulo de Young | 2800 – 3100 Mpa |
| Resistencia a la Tracción | 900 Kg/cm ² |
| Resistencia a la tension | 0.60 - 0.74 kg/cm ² |
| Resistencia a la compression | 260 – 480 kg/cm ² |
| Resistencia al calor | 80 -120 °C |
| Resistencia a flexion | 1450 kg/cm ² |

Diversas investigaciones sobre el uso de Tereftalato de Polietileno (PET) en la construcción se han aproximado a usar fibras de éste reciclado en el hormigón. Las cuales validan la implementación de fibras Tereftalato de Polietileno (PET) en el hormigón. Las investigaciones coinciden en que la ductilidad del Tereftalato de Polietileno, manifestada en su capacidad de deformación, contribuye a la prevención de la aparición y propagación de fisuras.

- Sobre el Adobe:

Para una adecuada construcción de muros de adobe se deben tener en cuenta las especificaciones que nos dicta la norma E.080.:

Como requisitos generales se tiene en cuenta lo siguiente:

La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no se deben utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados. El adobe debe ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara.

El adobe deberá estar libre de grietas, materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

En cuanto a las dimensiones:

Los adobes pueden ser de planta cuadrada o rectangular. Sus dimensiones deberán ajustarse a las siguientes acotaciones:

- a) Para adobes rectangulares el largo sea aproximadamente el doble del ancho.
- b) La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1.
- c) En lo posible la altura debe ser mayor a 8 cm.

Así también, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones, como remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm y otros elementos extraños. Mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas, y dejar secar los adobes bajo sombra.

SISTEMA ESTRUCTURAL DE CONSTRUCCIONES EN ADOBE

EN MUROS:

Deberá considerarse la estabilidad de todos los muros. Esto se conseguirá controlando la esbeltez y utilizando arriostres o refuerzos.

- a) Las unidades de adobe deberán estar secas antes de su utilización y se dispondrá en hiladas sucesivas considerando traslape.
- b) El espesor de los muros se determinará en función de la altura libre de los mismos y la longitud máxima del muro entre arriostre verticales será 12 veces el espesor del muro.
- c) En general los vanos deberán estar preferentemente centrados. El borde vertical no arriostado de puertas y ventanas deberá ser considerado como borde libre. El ancho máximo de puertas y ventanas (vanos) será de 1/3 de la longitud del muro y la distancia entre el borde libre al arriostre vertical más próximo no será menor de 3 ni mayor de 5 veces el espesor del muro. Se exceptúa la condición de 3 veces el espesor del muro en el caso que el muro esté arriostado al extremo.
- d) Los muros deberán ser diseñados para garantizar su resistencia
- e) En caso de muros cuyos encuentros sean diferentes a 90° se diseñarán bloques especiales detallándose los encuentros.

En cuanto al mortero:

Los morteros se clasifican en dos grupos:

- a) Tipo I (en base a tierra con algún aglomerante como cemento, cal, asfalto, etc.).
- b) Tipo II (en base a tierra con paja).

Se considera que las juntas de la albañilería constituyen las zonas críticas, en consecuencia, ellas deberán contener un mortero del tipo I o II de buena calidad.

- Mortero Tipo I

Mortero de suelo y algún aglomerante como cemento, cal o asfalto.

Deberá utilizarse la cantidad de agua que permita una adecuada trabajabilidad.

Las proporciones dependen de las características granulométricas de los agregados y de las características específicas de otros componentes que puedan emplearse.

- Mortero Tipo II

La composición del mortero debe cumplir los mismos lineamientos que las unidades de adobe y de ninguna manera tendrá una calidad menor que las mismas.

Deberá emplearse la cantidad de agua que sea necesaria para una mezcla trabajable.

Las juntas horizontales y verticales no deberán exceder de 2 cm y deberán ser llenadas completamente.

- **Para cálculo de esfuerzos en pilas:**

Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la resistencia del murete a la compresión, se realizan de la siguiente manera:

- a) La resistencia última es de 0.6 MPa = 6.12 kgf/cm².
- b) Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras sea igual o mayor a la resistencia última indicada, después de 28 días de secado.

Los ensayos para la obtención de los esfuerzos admisibles de diseño considerarán la variabilidad de los materiales a usarse. Para fines de diseño se considerará los siguientes esfuerzos mínimos:

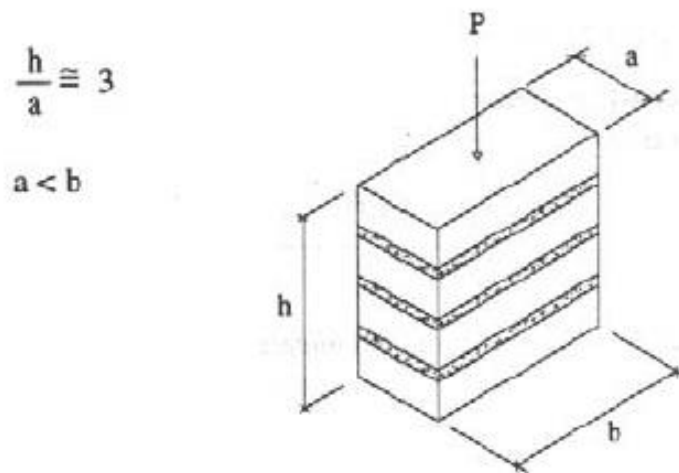


Figura 2. Ensayo a compresión

- Resistencia a la compresión de la albañilería:

$$f_m = 0.4f'_m \text{ o } 2\text{kg/cm}^2$$

- Resistencia a la compresión por aplastamiento:

$$1.25 f_m$$

- **Para cálculo de esfuerzos en muretes:**

- La resistencia última es de 0.6 MPa = 6.12 kgf/cm².
- Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras sea igual o mayor la resistencia última indicada, después de 28 días de secado.

El esfuerzo admisible al corte del muro (V_m) se obtendrá con la expresión:

$$V_m = 0.4 f' t$$

Donde: $f' t = \frac{P}{2aem}$

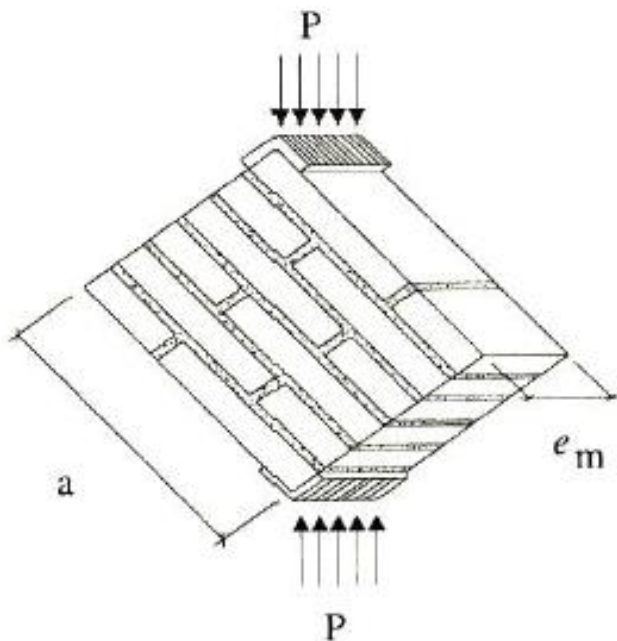


Figura 3. Ensayo a tracción diagonal

- a) Alternativamente cuando no se realicen ensayos de muretes, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible al corte:

$$Vm = 0.25kg/cm^2$$

2.3. Definiciones conceptuales

- **TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)**

Poliéster que forma parte de la familia de los plásticos termo formables (o termoplásticos) fácilmente moldeables cuando se le aplica el nivel de temperatura correspondiente. Por este motivo el PET puede adaptarse a cualquier forma y diseño, además de contar con un gran potencial de aplicaciones

Actualmente es la principal materia prima para la producción de envases de agua mineral, bebidas carbónicas y aceites, el PET se está consolidando en innovadoras aplicaciones para el sector de la alimentación, así como en productos de limpieza, cosméticos y farmacia.

- **FIBRAS DE TEREFTALATO DE POLIETILENO**

Pequeñas tiras de plástico de botellas de aproximadamente 3cm de espesor cortadas con una maquina casera.

- **ADOBE**

Tipo de ladrillo o pieza de fabricación normalmente artesanal que está compuesto principalmente por arcilla y arena. Puede contener limo y se le suele añadir un material fibroso, como paja u otras fibras naturales. En algunos lugares se le añade excremento seco de bovinos en lugar de paja.

Su característica principal es su sistema de secado por exposición al medio ambiente sin aplicar calor, generalmente al sol.

El sistema de fabricación pasa por el amasado de la mezcla de arena y arcilla, añadido del material fibroso, colocación de la pasta en los moldes, desamoldado

y secado. El material fibroso se añade para evitar que se agriete el adobe durante el proceso de secado ya que la arcilla tendrá una gran retracción por la pérdida de agua.

- **RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección (coeficiente de Poisson).

- **TRACCIÓN DIAGONAL (CIZALLAMIENTO)**

Deformación lateral que se produce por una fuerza externa; también llamado cizallamiento, cortadura. esfuerzo cortante: Fuerza interna que desarrolla un cuerpo como respuesta a una fuerza cortante y que es tangencial a la superficie sobre la que actúa. También llamado fuerza de cizallamiento

2.4. Hipótesis

El empleo de tereftalato de polietileno (PET) en la mezcla de bloques, muros y pilas de adobe incrementará las propiedades mecánicas en un 30%.

2.5. Variables dependientes e independientes

Variables dependientes:

Resistencia a compresión del bloque (f_b)

Resistencia a compresión de las pilas (f_m)

Resistencia a tracción diagonal (v_m)

Variable independiente:

Porcentaje de fibras de tereftalato de polietileno (PET) que se añade a la mezcla de muros, pilas de adobe y mortero

2.6. Operacionalización de las variables (Dimensiones e indicadores)

Tabla 2. Operacionalización de variables

| Variables | Tipo | Dimensión | Indicador | Unidad | Instrumento |
|--|---------------|----------------|---|--------------------|--------------------------------|
| Propiedades mecánicas | Dependiente | fb fm vm | Carga/área | Kg/cm ² | Máquina de prueba a compresión |
| Porcentaje de fibras de tereftalato de polietileno (PET) que se añade a mezcla de muros y pilas de adobe | Independiente | - | $\frac{\text{Peso de PET}}{\text{Peso de bloque}} \times 100$ | Adimensional | Calculo en Gabinete |

FUENTE: Elaboración propia

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación, enfoque y alcance o nivel

3.1.1. Nivel de investigación

El nivel de investigación es exploratorio debido a que se abrirá campo a futuras investigaciones relacionadas al tema.

3.1.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental ya que se harán ensayos en la Universidad Privada Antenor Orrego para comprobar la hipótesis.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Muros y bloques de adobe con y sin adición de Tereftalato de Polietileno (PET)

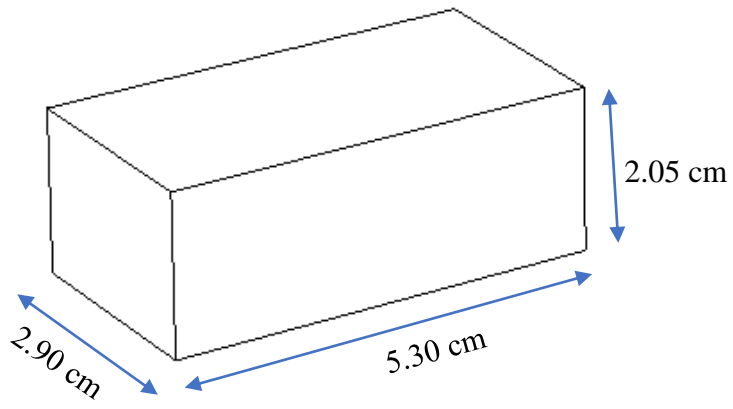
3.2.2. Muestra

Muros y bloques de adobe a escala 1/400 con y sin adición de tereftalato de polietileno.

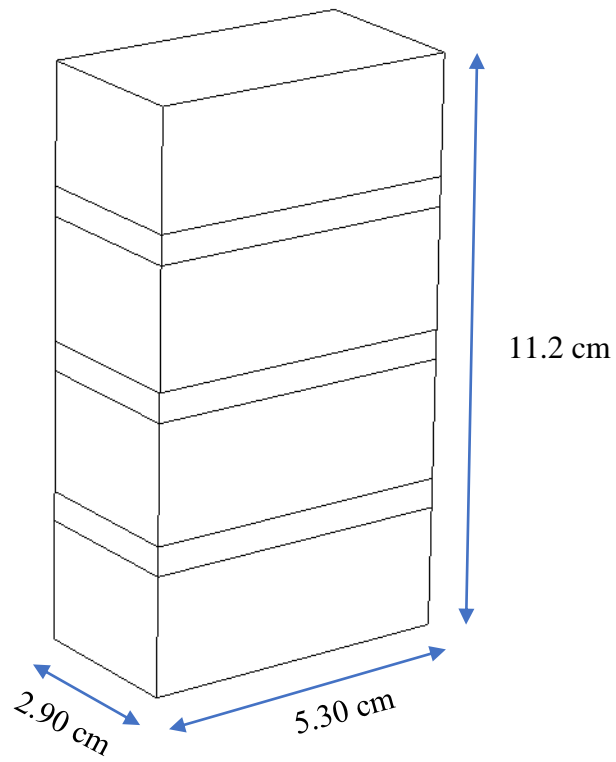
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para iniciar con la fabricación de prototipos fue necesario saber cuáles eran las medidas de éstos. De acuerdo a las medidas del adobe (11.5cm x 21 cm x 8 cm) se obtuvieron las medidas de los prototipos a la escala que serán ensayadas (1/400)

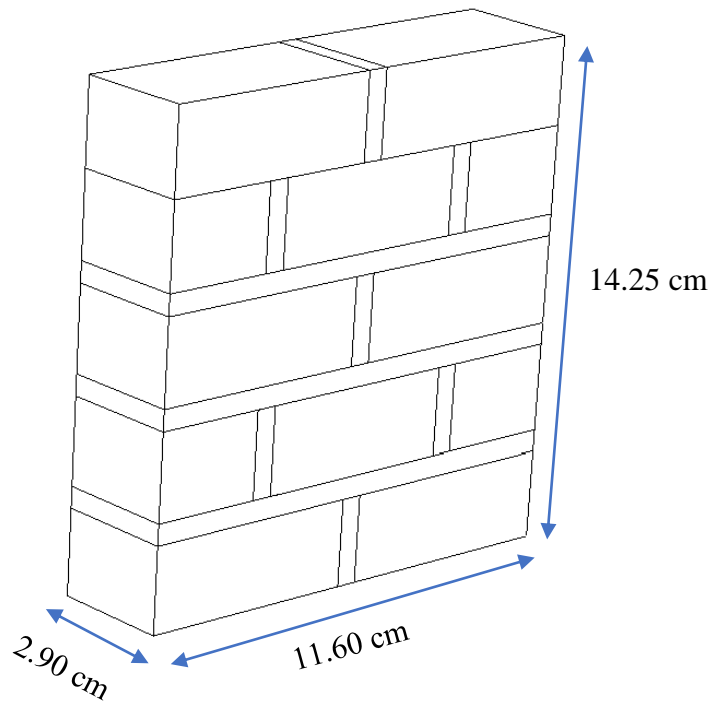
- Bloques:



- Pilas:



- Muretes:



Una vez definidas las medidas de los prototipos, también se necesitaba saber que cantidad de Tereftalato de Polietileno (PET) iba a ser añadida a la mezcla de adobe, para lo cual se realizaron los siguientes cálculos:

- **Peso específico del Tereftalato de Polietileno:**

$$\gamma_{\text{pet}} = 1.39 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

- **Volúmen del adobe a escala real:**

$$V_{\text{adobe}} = 11.5 \text{ cm} \times 21 \text{ cm} \times 8 \text{ cm} = 1932 \text{ cm}^3$$

- **Para saber el volúmen que ocuparía el PET en una muestra de adobe:**

-Teniendo en cuenta que el adobe pesa 4kg, empezamos a iterar el porcentaje PET que se añadirá. Esto nos ayudará a saber el volumen que ocupará el PET en un bloque de adobe.

- Por ejemplo, empezamos haciendo el cálculo añadiendo un 5% de PET a la mezcla de adobe:

$$\omega = 4000 \text{ gr} * 5\% = 200 \text{ gr}$$

$$Y_{\text{pet}} = \frac{\omega}{V}$$

$$1.39 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = \frac{200 \text{ gr}}{V}$$

$$\mathbf{V = 143.88 \text{ cm}^3}$$

- Entonces la composición volumétrica en porcentaje de PET en adobe sería:

$$V = \frac{143.88}{1932} \times 100 = 7.45\%$$

Ya que en esta investigación se tuvo como objetivo realizar ensayos con 3 porcentajes diferentes de Tereftalato de Polietileno, se optó por usar porcentajes pequeños como 2, 4 y 6%.

Entonces, con los porcentajes definidos se procedió a la fabricación de las fibras de Tereftalato de Polietileno, para lo cual se elaboró una cortadora casera de botellas como se muestra a continuación

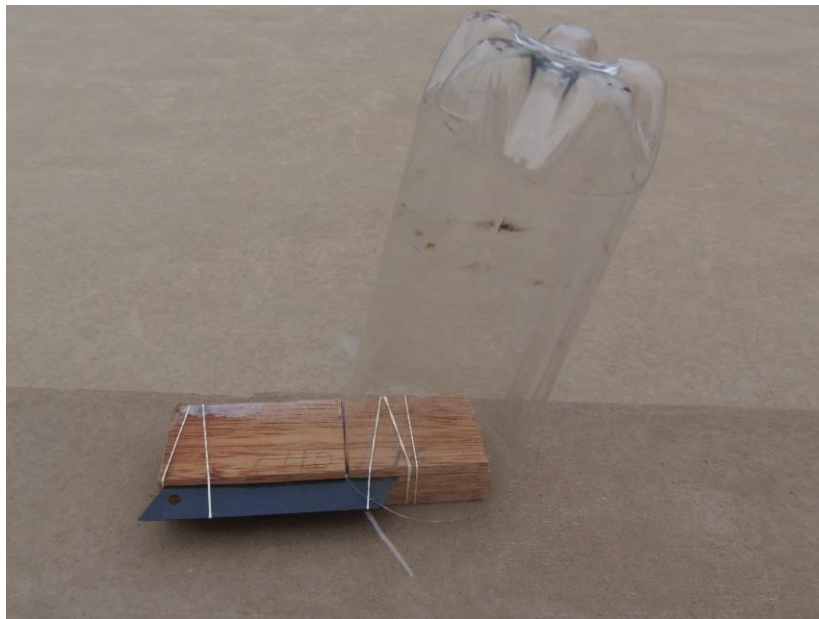


Foto N° 1. Cortadora de PET



Foto N° 2. Tiras de PET

Las características que presentaban las fibras eran las mismas para todos los ensayos, las medidas fueron 10 mm x 0.2 mm.



Foto N° 3. Fibras de PET

Una vez obtenidas las fibras y definidas las dimensiones de los prototipos, se procedió a la preparación de la mezcla de adobes, para lo cual se inició apisonando los adobes de tierra conseguidos en Moche, hasta que éstos queden pulverizados.



Foto N° 4. Adobe a escala real



Foto N° 5. Adobe pulverizado

Se procede a cernir el material pulverizado en una malla N°08 (por recomendación)



Foto N° 6. Procedimiento de cernido de adobe pulverizado

Se hace la mezcla para los prototipos, siendo la dosificación de
Adicionalmente se añade el porcentaje de PET que corresponda al prototipo



Foto N° 7. Materiales listos para la mezcla

Luego se procede a colocar la mezcla en los moldes por un lapso de 24 horas

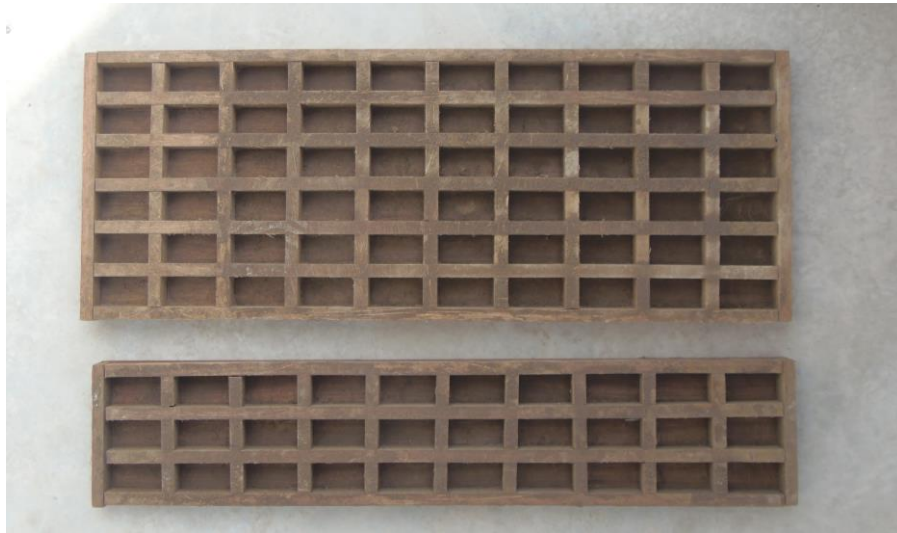


Foto N° 8. Molde para adobe a escala 1/4



Foto N° 9. Mezcla de adobes en molde

Al cumplir con el lapso de secado en los moldes se procede a desmoldar con golpes sutiles y dejar secar al aire libre por dos días.

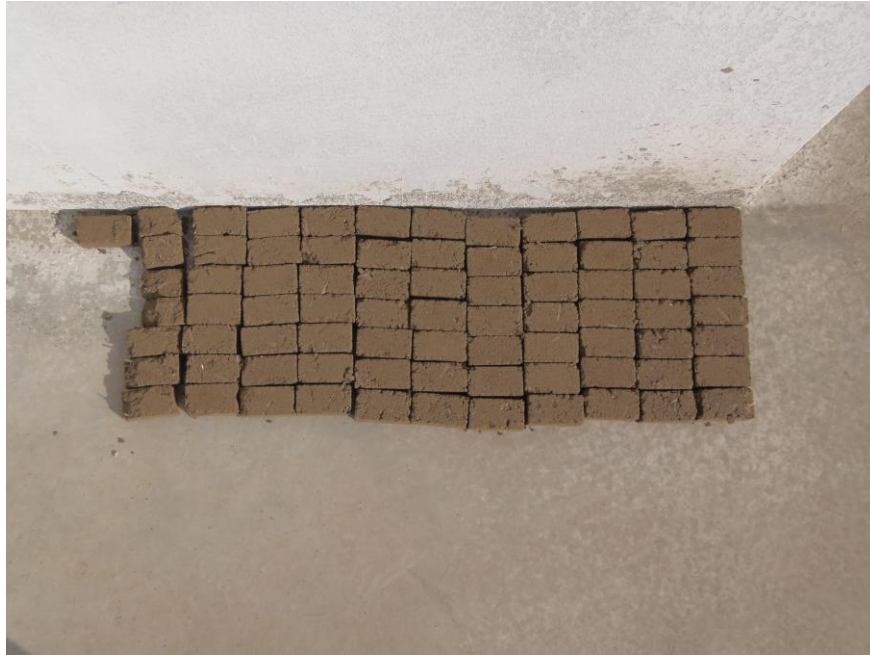


Foto N° 10. Muestras de adobe a escala 1/4

Cuando los 300 bloques de adobe ya estaban secos, se procedió a la fabricación de pilas y muretes, en las cuales se usó el mortero tipo I con una dosificación de 1:1 250 ml de agua.

Para armar tanto las pilas como muretes fue necesario usar una base para y ser apoyados en un muro con ayuda de una escuadra para que éstos estén lo más recto posible

Debido a la presencia del mortero, éstos prototipos necesitaron aproximadamente una semana en secar.

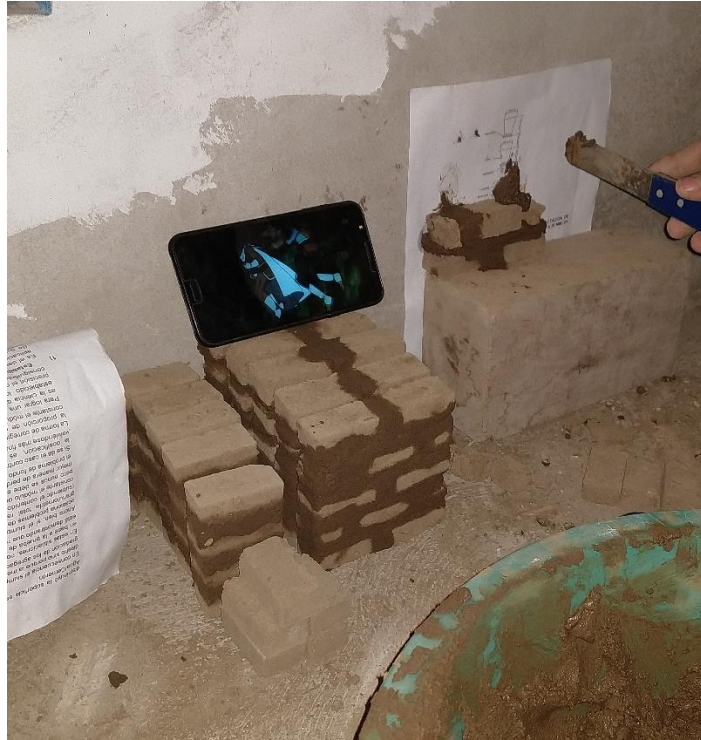


Foto N° 11. Pilas y muretes armados



Foto N° 12. Muretes armados

Al culminar el tiempo de secado de los prototipos se procedió a los ensayos, para los cuales se utilizó una prensa hidráulica ubicada en la Universidad

Privada Antenor Orrego, la cual está sincronizada a un programa la cual nos brinda la carga que recibe cada prototipo y su deformación.

Antes de iniciar los ensayos se debe especificar cierta información de los prototipos como el peso y longitud

El ensayo para cada prototipo era detenido en cuanto se presente alguna fisura, no hasta su total colapso.



Foto N° 13. Instalación de bloque de adobe para ensayo a compresión



Foto N° 14. Toma de datos de ensayo



Foto N° 15. Inicio de ensayo a compresión a pila de adobe



Foto N° 16 Primeras grietas en prototipo de pila de adobe

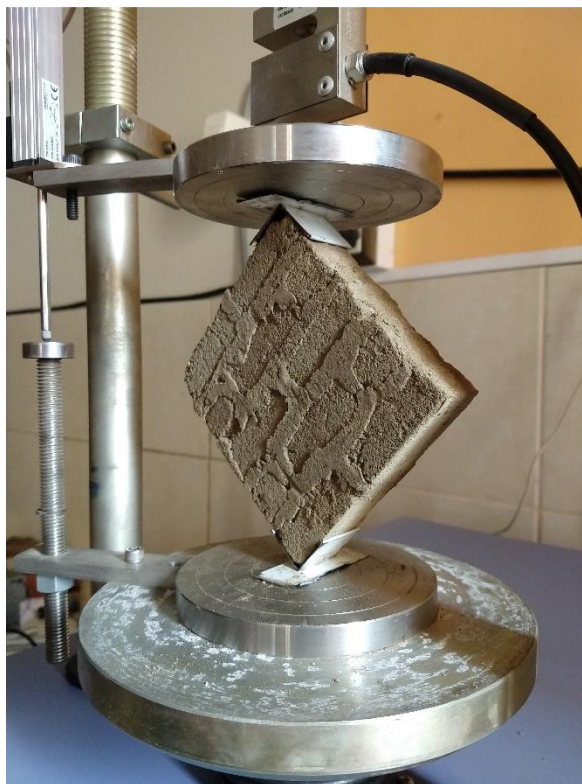


Foto N° 17. Instalación de murete de adobe para ensayo a tracción diagonal

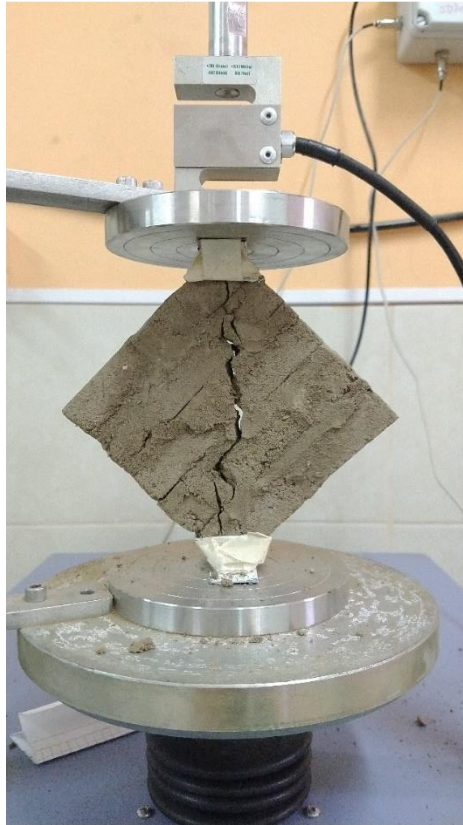


Foto N° 18. Primeras fisuras en prototipo de murete de adobe

3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Se procesará la información obtenida y diseño mediante los siguientes softwares.

MICROSOFT EXCEL: Para el desarrollo de hojas de cálculo que ayudarán a la obtención de resultados. Así mismo para la elaboración de diagramas de Esfuerzo-Compresión.

MICROSOFT WORD: Se empleará para la redacción del informe de investigación.

MICROSOFT POWERPOINT: Se empleará para la presentación de sustentación de la investigación.

AUTOCAD 2D: Apoyo para modelar los prototipos.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Resultados obtenidos para la elaboración de adobes (unidad, pilas y muros) sin porcentajes de Tereftalato de Polietileno (PET)

- EN BLOQUES:

Tabla 3. Resistencia de carga máxima a compresión por bloque sin % PET

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM2) | P(KG) | fb (Kg/cm2) |
|--------------|--------|------------|--------|-----------|--------------------|---------------|-------------|
| SIN % PET | 1 | 5.368 | 2.879 | 2.041 | 15.454 | 199.940 | 12.937 |
| | 2 | 5.296 | 2.789 | 2.052 | 14.771 | 180.895 | 12.247 |
| | 3 | 5.201 | 2.789 | 2.045 | 14.506 | 204.342 | 14.087 |
| | 4 | 5.344 | 2.802 | 2.032 | 14.974 | 192.637 | 12.865 |
| | 5 | 5.198 | 2.752 | 2.035 | 14.305 | 190.234 | 13.299 |
| | | | | | fb promedio | 13.087 | |

FUENTE: Elaboración propia

La Norma E.80 acepta como valor mínimo fb= 12 Kg /cm, por lo tanto, con el valor obtenido 13.087 Kg /cm se está por encima del valor mínimo.

- EN PILAS:

Tabla 4. Resistencia de carga máxima a compresión por pilas sin % PET

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM2) | P(KG) | f'm(kg/cm2) |
|--------------|--------|------------|--------|-----------|---------------------|--------------|-------------|
| SIN % PET | 1 | 5.365 | 2.875 | 9.771 | 15.424 | 115.257 | 7.472 |
| | 2 | 5.315 | 2.721 | 9.763 | 14.462 | 156.146 | 10.797 |
| | 3 | 5.289 | 2.705 | 9.525 | 14.307 | 143.770 | 10.049 |
| | 4 | 5.323 | 2.821 | 9.586 | 15.016 | 161.046 | 10.725 |
| | 5 | 5.295 | 2.799 | 9.608 | 14.821 | 113.418 | 7.653 |
| | | | | | f'm promedio | 9.339 | |

FUENTE: Elaboración propia

De los valores indicados en la tabla, la resistencia promedio de las pilas $f'm$ es de 9.339 Kg/cm². El esfuerzo admisible a compresión del muro (f_m) se obtiene de la siguiente expresión (Norma E.080):

$$f_m = 0.25 f'm$$

Entonces:

$$f_m = 0.25 \times 9.339 = 2.33 \text{ kg/cm}^2$$

La Norma E.080 señala que cuando no se realizan ensayos de pilas el esfuerzo admisible a compresión de los muros puede tomarse como 2 Kg /cm², valor que queda verificado.

- **EN MUROS:**

Tabla 5. Resistencia de carga máxima a compresión por murete sin % PET.

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM ²) | P(KG) | f't (Kg/cm ²) |
|-----------|--------|------------|--------|-----------|-------------------------|---------------------|---------------------------|
| SIN % PET | 1 | 11.170 | 2.870 | 11.940 | 32.058 | 45.527 | 1.420 |
| | 2 | 11.433 | 2.788 | 11.980 | 31.875 | 51.754 | 1.624 |
| | 3 | 11.233 | 2.854 | 12.187 | 32.059 | 67.757 | 2.114 |
| | 4 | 11.532 | 2.791 | 11.816 | 32.186 | 37.345 | 1.160 |
| | 5 | 11.162 | 2.857 | 11.936 | 31.890 | 36.870 | 1.156 |
| | | | | | | f't promedio | 1.495 |

FUENTE: *Elaboración propia*

De los valores indicados en la tabla, se obtiene $f't$ promedio = 1.495 Kg /cm². El esfuerzo admisible al corte del muro (V_m) se obtiene de la siguiente expresión según la norma E.080:

$$V_m = 0.4 f't$$

Por lo tanto:

$$V_m = 0.4 \times 1.495 = 0.598 \text{ Kg/cm}^2$$

La Norma E.080 señala que el esfuerzo admisible a corte, cuando no se realizan ensayos muretes es 0.25 Kg/cm², valor que queda verificado.

4.2. Resultados obtenidos con la adición de Tereftalato de Polietileno:

4.2.1. Adición del 2% de Tereftalato de Polietileno

- EN BLOQUES:

Tabla 6. Resistencia de carga máxima a compresión por bloque con 2 % PET

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM ²) | P(KG) | fb (Kg/cm ²) |
|-------------|--------|------------|--------|-----------|-------------------------|---------------|--------------------------|
| CON 2 % PET | 1 | 5.183 | 2.791 | 2.065 | 14.466 | 196.304 | 13.570 |
| | 2 | 5.231 | 2.832 | 2.097 | 14.814 | 180.005 | 12.151 |
| | 3 | 5.235 | 2.798 | 2.085 | 14.648 | 203.927 | 13.922 |
| | 4 | 5.344 | 2.812 | 2.067 | 15.027 | 187.769 | 12.495 |
| | 5 | 5.195 | 2.779 | 2.031 | 14.437 | 205.927 | 14.264 |
| | | | | | fb promedio | 13.280 | |

FUENTE: Elaboración propia

- EN PILAS:

Tabla 7. Resistencia de carga máxima a compresión por pila con 2% PET

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM2) | P(KG) | f'm(kg/cm2) |
|-------------|--------|------------|--------|-----------|------------|--------------|-------------|
| CON 2 % PET | 1 | 5.289 | 2.789 | 9.769 | 14.751 | 132.257 | 8.966 |
| | 2 | 5.312 | 2.841 | 9.768 | 15.091 | 188.543 | 12.493 |
| | 3 | 5.287 | 2.777 | 9.564 | 14.682 | 188.289 | 12.824 |
| | 4 | 5.364 | 2.854 | 9.743 | 15.309 | 161.114 | 10.524 |
| | 5 | 5.384 | 2.774 | 9.624 | 14.935 | 119.941 | 8.031 |
| | | | | | | f'm promedio | 10.568 |

FUENTE: Elaboración propia

De los valores indicados en la tabla, la resistencia promedio de las pilas $f'm$ es de 10.568 Kg/cm², notándose así la incidencia que tuvo el pequeño porcentaje en la resistencia de las pilas. El esfuerzo admisible a compresión del muro (f_m) se obtiene de la siguiente expresión según la norma E.080:

$$f_m = 0.25 f'm$$

Por lo tanto:

$$f_m = 0.25 \times 10.568 = 2.642 \text{ kg/cm}^2$$

- **EN MUROS:**

Tabla 8. Resistencia de carga máxima a compresión por murete con 2% PET

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM2) | P(KG) | f't (Kg/cm2) |
|--------------------|--------|------------|--------|-----------|------------|--------------|--------------|
| CON 2 % PET | 1 | 11.561 | 2.887 | 12.025 | 33.377 | 56.227 | 1.685 |
| | 2 | 11.378 | 2.798 | 11.451 | 31.836 | 47.873 | 1.504 |
| | 3 | 11.165 | 2.789 | 12.000 | 31.139 | 62.798 | 2.017 |
| | 4 | 11.181 | 2.844 | 12.099 | 31.799 | 58.828 | 1.850 |
| | 5 | 11.170 | 2.878 | 11.897 | 32.147 | 50.595 | 1.574 |
| | | | | | | f't promedio | 1.726 |

FUENTE: *Elaboración propia*

De los valores indicados en la tabla, se obtiene $f't$ promedio = 1.726 Kg /cm², notándose así la incidencia que tuvo el pequeño porcentaje en la resistencia de los muretes. El esfuerzo admisible al corte del muro (V_m) se obtiene de la siguiente expresión según la norma E.080:

$$V_m = 0.4 f't$$

Por lo tanto:

$$V_m = 0.4 \times 1.726 = 0.690 \text{ Kg/cm}^2$$

4.2.2. Adición del 4% de Tereftalato de Polietileno (PET)

- EN BLOQUES:

Tabla 9. Resistencia de carga máxima a compresión por bloque con 4% PET

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM2) | P(KG) | fb (Kg/cm2) |
|--------------------|--------|------------|--------|-----------|------------|-------------|-------------|
| CON 4 % PET | 1 | 5.268 | 2.823 | 2.044 | 14.872 | 333.356 | 22.416 |
| | 2 | 5.354 | 2.856 | 2.056 | 15.291 | 304.035 | 19.883 |
| | 3 | 5.352 | 2.822 | 2.041 | 15.103 | 300.398 | 19.890 |
| | 4 | 5.298 | 2.788 | 2.044 | 14.771 | 206.264 | 13.964 |
| | 5 | 5.368 | 2.879 | 2.041 | 15.454 | 259.390 | 16.784 |
| | | | | | | fb promedio | 18.587 |

FUENTE: Elaboración propia

- EN PILAS:

Tabla 10. Resistencia de carga máxima a compresión por pila con 4% PET

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM2) | P(KG) | f'm(kg/cm2) |
|--------------------|--------|------------|--------|-----------|------------|--------------|-------------|
| CON 4 % PET | 1 | 5.325 | 2.877 | 9.678 | 15.320 | 184.667 | 12.054 |
| | 2 | 5.218 | 2.748 | 9.772 | 14.339 | 206.172 | 14.378 |
| | 3 | 5.289 | 2.779 | 9.765 | 14.698 | 195.191 | 13.280 |
| | 4 | 5.315 | 2.894 | 9.597 | 15.382 | 210.607 | 13.692 |
| | 5 | 5.294 | 2.879 | 5.618 | 15.241 | 163.759 | 10.744 |
| | | | | | | f'm promedio | 12.830 |

FUENTE: Elaboración propia

De los valores indicados en la tabla, la resistencia promedio de las pilas $f'm$ es de 12.830 Kg/cm², notándose así la incidencia que tuvo el pequeño porcentaje en la resistencia de las pilas. El esfuerzo admisible a compresión del muro (f_m) se obtiene de la siguiente expresión según la norma E.080:

$$f_m = 0.25 f'_m$$

Entonces:

$$f_m = 0.25 \times 12.830 = 3.207 \text{ kg/cm}^2$$

- **EN MUROS:**

Tabla 11. Resistencia de carga máxima a compresión por murete con 4% PET

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM2) | P(KG) | f't (Kg/cm2) |
|--------------------|--------|------------|--------|-----------|------------|--------------|--------------|
| CON 4 % PET | 1 | 11.194 | 2.870 | 11.955 | 32.127 | 66.084 | 2.057 |
| | 2 | 11.237 | 2.788 | 11.795 | 31.329 | 52.069 | 1.662 |
| | 3 | 11.788 | 2.854 | 12.015 | 33.643 | 65.225 | 1.939 |
| | 4 | 11.195 | 2.791 | 12.121 | 31.245 | 56.385 | 1.805 |
| | 5 | 11.977 | 2.857 | 11.978 | 34.218 | 66.184 | 1.934 |
| | | | | | | f't promedio | 1.879 |

FUENTE: *Elaboración propia*

De los valores indicados en la tabla, se obtiene como f'_t promedio = 1.879 Kg/cm², notándose así la incidencia que tuvo el pequeño porcentaje en la resistencia de los muretes. El esfuerzo admisible al corte del muro (V_m) se obtiene de la siguiente expresión según la norma E.080:

$$V_m = 0.4 f'_t$$

Por lo tanto:

$$V_m = 0.4 \times 1.879 = 0.752 \text{ Kg/cm}^2$$

4.2.3. Adición del 6% de Tereftalato de Polietileno

- **EN BLOQUES:**

Tabla 12. Resistencia de carga máxima a compresión por bloque con 6% PET

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM2) | P(KG) | fb (Kg/cm2) |
|----------------|--------|------------|--------|-----------|------------|-------------|-------------|
| CON 6 % PET | 1 | 5.365 | 2.877 | 2.047 | 15.435 | 361.255 | 23.405 |
| | 2 | 5.378 | 2.880 | 2.055 | 15.489 | 363.989 | 23.500 |
| | 3 | 5.219 | 2.785 | 2.033 | 14.535 | 365.726 | 25.162 |
| | 4 | 5.287 | 2.795 | 2.045 | 14.777 | 388.230 | 26.272 |
| | 5 | 5.322 | 2.881 | 2.051 | 15.333 | 293.101 | 19.116 |
| | | | | | | fb promedio | 23.491 |

FUENTE: Elaboración propia

- **EN PILAS:**

Tabla 13. Resistencia de carga máxima a compresión por pila con 6% PET

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM2) | P(KG) | f'm(kg/cm2) |
|-------------|--------|------------|--------|-----------|------------|---------|-------------|
| CON 6 % PET | 1 | 5.366 | 2.881 | 9.771 | 15.459 | 235.447 | 15.230 |
| | 2 | 5.276 | 2.784 | 9.763 | 14.688 | 234.375 | 15.956 |
| | 3 | 5.279 | 2.810 | 9.325 | 14.834 | 224.120 | 15.109 |
| | 4 | 5.358 | 2.821 | 9.586 | 15.115 | 207.086 | 13.701 |
| | 5 | 5.379 | 2.799 | 9.608 | 15.056 | 216.072 | 14.351 |
| | | | | | | | 14.869 |

FUENTE: Elaboración propia

De los valores indicados en la tabla, la resistencia promedio de las pilas $f'm$ es de 14.869 Kg/cm², notándose así la incidencia que tuvo el pequeño porcentaje en la resistencia de las pilas. El esfuerzo admisible a compresión del muro (fm) se obtiene de la siguiente expresión según la norma E.080:

$$f_m = 0.25 f'_m$$

Por lo tanto:

$$f_m = 0.25 \times 14.869 = 3.717 \text{ kg/cm}^2$$

- **EN MUROS:**

Tabla 14. Resistencia de carga máxima a compresión por murete con 6% PET

| | UNIDAD | LARGO (CM) | E (CM) | ALTO (CM) | AREA (CM2) | P(KG) | f't (Kg/cm2) |
|-------------|--------|------------|--------|-----------|------------|--------|--------------|
| CON 6 % PET | 1 | 11.891 | 2.798 | 11.978 | 33.271 | 74.104 | 2.227 |
| | 2 | 11.478 | 2.889 | 11.784 | 33.160 | 68.995 | 2.081 |
| | 3 | 11.459 | 2.749 | 12.113 | 31.501 | 68.094 | 2.162 |
| | 4 | 11.856 | 2.788 | 12.098 | 33.055 | 73.079 | 2.211 |
| | 5 | 11.785 | 2.814 | 11.975 | 33.163 | 64.563 | 1.947 |
| | | | | | | | f't promedio |

FUENTE: *Elaboración propia*

De los valores indicados en la tabla, se obtiene $f't$ promedio = 2.125 Kg /cm², notándose así la incidencia que tuvo el pequeño porcentaje en la resistencia de los muretes. El esfuerzo admisible al corte del muro (V_m) se obtiene de la siguiente expresión según la norma E.080:

$$V_m = 0.4 f't$$

Por lo tanto:

$$V_m = 0.4 \times 2.125 = 0.850 \text{ Kg/cm}^2$$

4.3. Cuadro comparativo de resistencia promedio entre bloques, pilas y muros con y sin adición de Tereftalato de Polietileno:

Tabla 15. Resumen de resistencias máximas por prototipo

| BLOQUES | | PILAS | | | MURETES | | |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|--------------|------------|
| | fb (Kg/cm2) | | f'm(kg/cm2) | fm (Kg/cm2) | | f't (Kg/cm2) | Vm(Kg/cm2) |
| SIN % PET | 13.09 | SIN % PET | 9.34 | 2.33 | SIN % PET | 1.49 | 0.60 |
| CON 2% | 13.28 | CON 2% | 10.57 | 2.64 | CON 2% | 1.73 | 0.69 |
| CON 4% | 18.59 | CON 4% | 12.83 | 3.21 | CON 4% | 1.88 | 0.75 |
| CON 6% | 23.49 | CON 6% | 14.87 | 3.72 | CON 6% | 2.13 | 0.85 |

FUENTE: Elaboración propia

4.4. Gráfica Esfuerzo – Deformación en los prototipos:

A continuación, se presenta una muestra de gráficas Esfuerzo vs Deformación que se obtuvo con los resultados de resistencia máxima de cada elemento con diferente porcentaje.

4.4.1. En bloques:

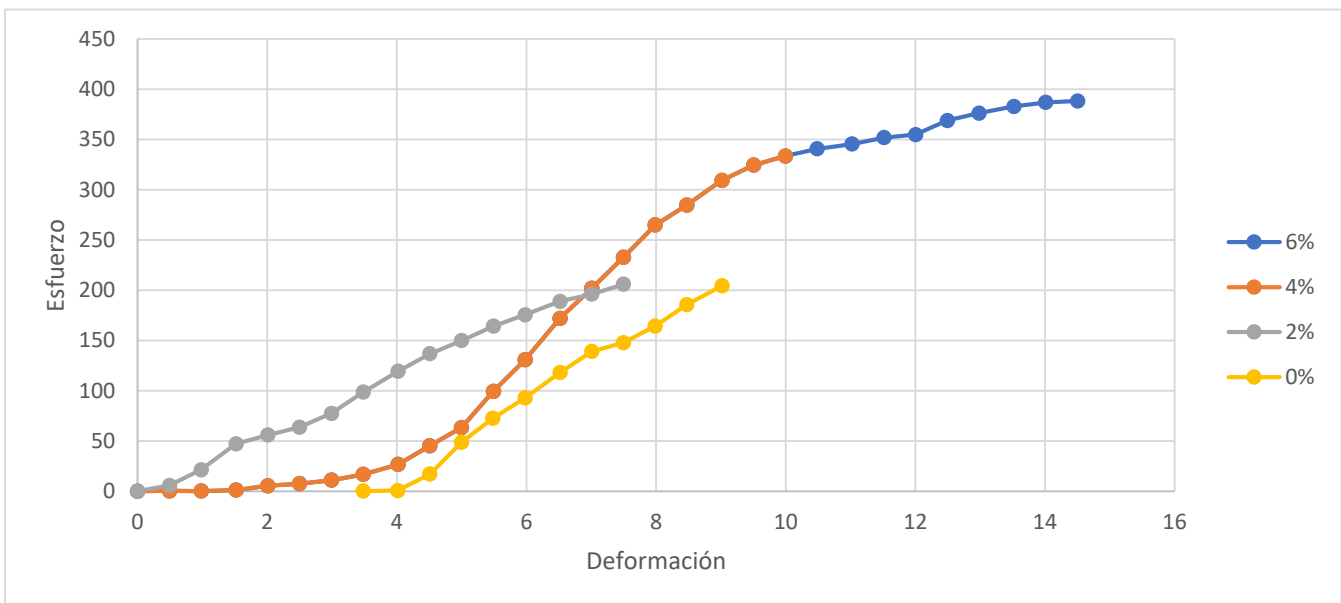


GRÁFICO N° 1. Esfuerzo- deformación de bloque

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. En pilas:

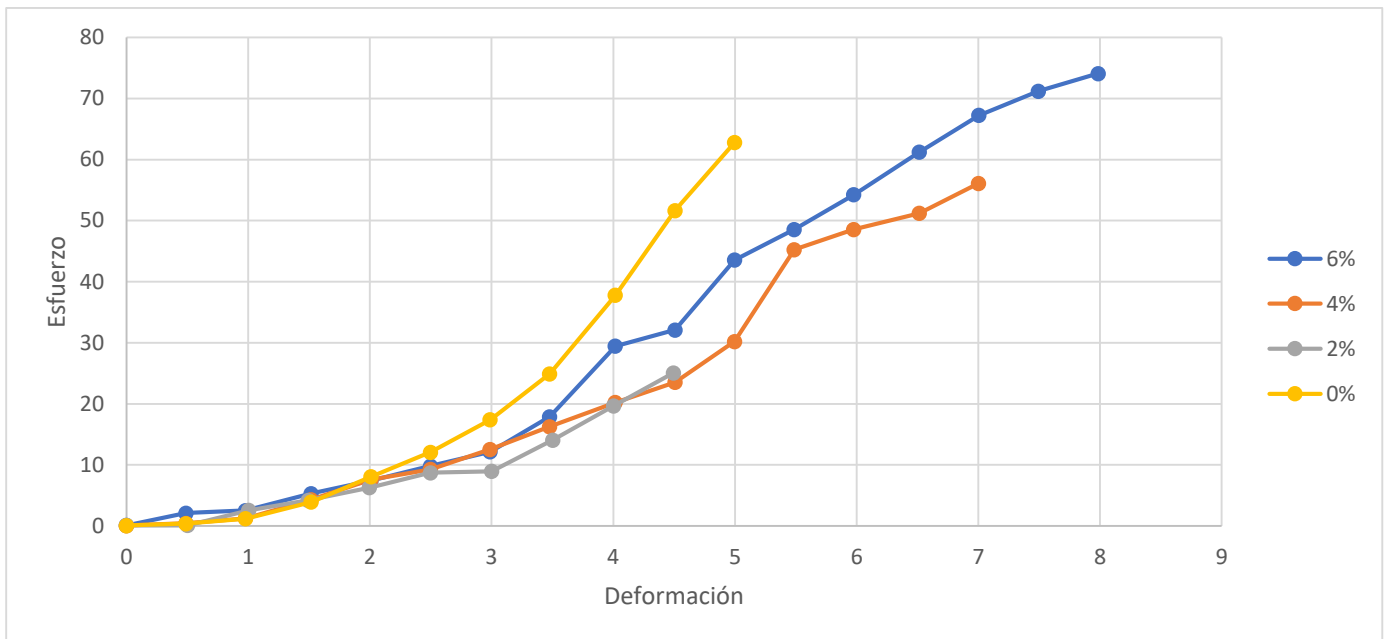


GRÁFICO N° 2. Esfuerzo - deformación de pila

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. En muretes:

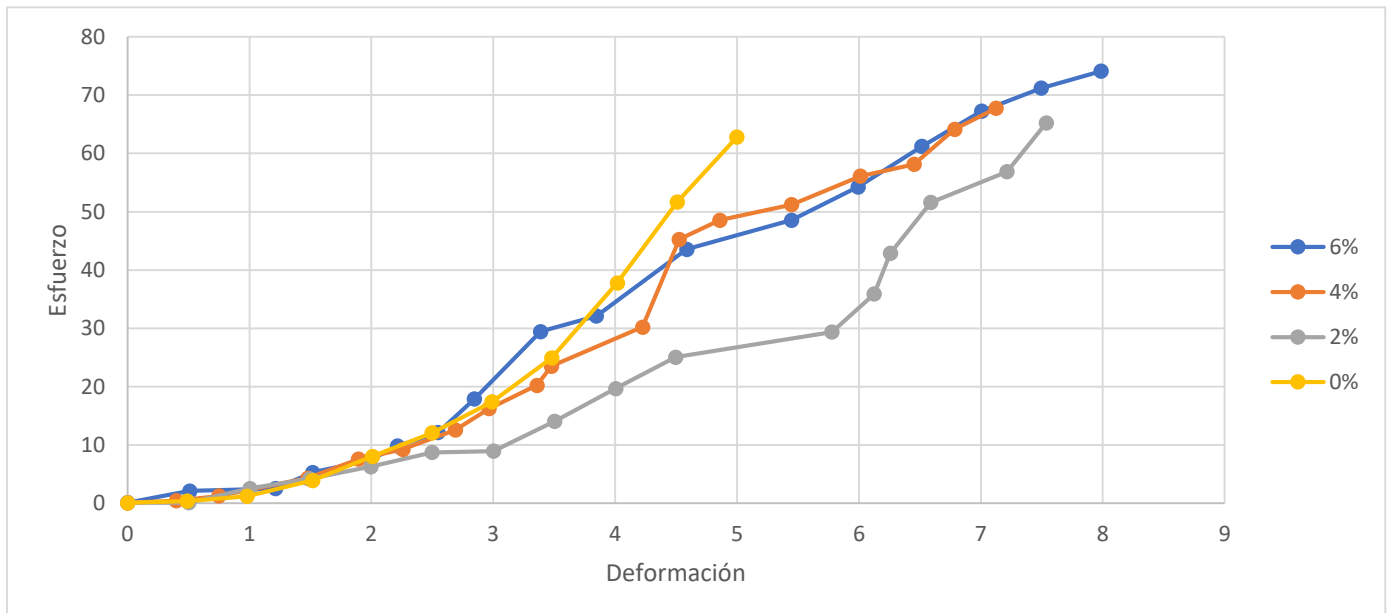


GRÁFICO N° 3. Esfuerzo - deformación de murete

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Resistencia máxima de bloques, pilas y muros de adobe sin adición de Tereftalato de Polietileno (PET):

En la presente investigación se fabricaron prototipos de bloques, pilas y muros de adobe en escala 1/400 con y sin Tereftalato de Polietileno (PET), los cuales en ausencia del PET tuvieron el mismo resultado positivo que un adobe a escala real, superando los valores mínimos que exige el reglamento para cada prototipo.

Tal como se observa en los diagramas Esfuerzo - Deformación hay una notable mejora en cuanto a la resistencia de los prototipos con la adición de Tereftalato de Polietileno (PET), por lo que se calculó cual es el índice de mejora comparado con lo prototipos patrones (Sin adición de PET).

| | Sin % de PET | Con 2% de PET | Indice de mejora |
|-------------------------------|--------------|---------------|------------------|
| Fb (kg/cm²) | 13.09 | 13.28 | 1% |
| Fm (kg/cm²) | 2.33 | 2.64 | 13% |
| Vm (kg/cm²) | 0.6 | 0.69 | 15% |

Tabla 16. Indice de mejora con 2% de PET

Fuente: Elaboración Propia

| | Sin % de PET | Con 4% de PET | Indice de mejora |
|-------------------------------|--------------|---------------|------------------|
| Fb (kg/cm²) | 13.09 | 18.59 | 42% |
| Fm (kg/cm²) | 2.33 | 3.21 | 38% |
| Vm (kg/cm²) | 0.6 | 0.75 | 25% |

Tabla 17. Indice de mejora con 4% de PET

Fuente: Elaboración Propia

| | Sin % de PET | Con 6% de PET | Indice de mejora |
|--------------------|--------------|---------------|------------------|
| Fb (kg/cm2) | 13.09 | 23.49 | 79% |
| Fm (kg/cm2) | 2.33 | 3.72 | 60% |
| Vm (kg/cm2) | 0.6 | 0.85 | 42% |

Tabla 18. Indice de mejora con 6% de PET

Fuente: Elaboración Propia

Esto nos indica en porcentaje el gran índice de mejora que presentaron los prototipos con la adición del Tereftalato de Polietileno, superando así la hipótesis que fue planteada en un inicio, donde se indicó que en porcentaje la incidencia sería un 30% de manera positiva.

CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos superan la expectativa que se tenía en un inicio planteada en la hipótesis (índice de mejora 30%).
2. La mayor resistencia la presentaron bloques, pilas y muretes de adobe con un 6% de Tereftalato de Polietileno en su composición
3. El porcentaje recomendado de tereftalato de polietileno que se adiciona a los prototipos de adobe es el 4%.
4. Los bloques de adobes ensayados, mostraron una alta resistencia en el ensayo a compresión, siendo éstos los prototipos en los que existe mayor índice de incidencia.
5. De acuerdo con el peso real de un adobe, la cantidad recomendable de PET en la mezcla es 0.14 kg por bloque.

RECOMENDACIONES

- Para mayor precisión en el corte de las fibras de plástico se podría adquirir una maquina específica, a manera de industrializar su producción
- Para realizar los ensayos a compresión, se sugiere colocar las muestras de manera céntrica, a fin de no generar excentricidad en la carga, obteniendo una mayor precisión en los ensayos
- Desmoldar los adobes con golpes muy sutiles, debido a que éstos se encuentran en un estado frágil por lo que hay mucha posibilidad de deterioro
- Las fibras de Tereftalato de Polietileno tienen una influencia positiva en la fabricación de adobes, por lo que del mismo modo se podrían usar en ladrillos de arcilla, en contraste en las referencias de investigaciones precedentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Blondet, Torrealva, Villa, Gionocchio. (2006).** *"Refuerzo de construcciones de adobe con elementos producidos industrialmente. Estudio preliminar"*. Lima- Perú.
- [2] **El Comercio. (16 de abril de 2018).** Obtenido de <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/contaminacion-rastro-plastico-mar-noticia-512417>
- [3] **Gonzalo, M. (2010).** *"Análisis del comportamiento a flexión"*. Sevilla-España.
- [4] **Javier, V. V., & Edilson, T. A. (2016).** *"Comparación estructural, económica y ambiental de bloques de mortero con botellas plásticas (PET) y ladrillo tradicional macizo de barro"*. Bogotá.
- [5] **Lidia A. Juarez Ruiz. (2016).** *"Ensayo de flexión lateral en muretes de adobe compactado reforzados con mallas de acero"*. Oaxaca-México.
- [6] **Norma Técnica de Edificación.** (Diciembre de 1999). *E.080 ADOBE*.
- [7] **Solís, M., Torrealva, D., Santillán, P., Montoya, G. (2015).** *"Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas"*. Sevilla-España.