

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y  
MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO  
CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO**

**Presentado por: Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks**

**Línea de Investigación Institucional: Nuevas Tecnologías y Procesos**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**Huancayo – Perú**

**2022**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y  
MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL  
ADICIONADO CON POLIETILENO**

**LENIN MARKS AGUILAR CABRERA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de  
ingeniero civil**

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**2022**

**Asesor : Ing. FLORES ESPINOZA, Carlos Gerardo**

## **DEDICATORIA**

Esta investigación está dedicada a Dios, en primer lugar por ayudarme siempre y a mi familia por la motivación y apoyo.

Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks

## **AGRADECIMIENTO**

A todos los ingenieros y personas involucradas en la realización de la presente investigación, mi agradecimiento eterno.

Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera  
Presidente

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
Secretario docente

## ÍNDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	5
ÍNDICE	6
INDICE DE TABLAS	8
INDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCION	15
CAPITULO I	16
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema	16
1.2 Formulación y sistematización del problema	17
1.2.1 Problema General	17
1.2.2 Problema(s) Específico(s)	17
1.3. Justificación	17
1.3.1. Social o práctica	17
1.3.2. Científica o teórica	17
1.3.3. Metodológica	17
1.4. Delimitaciones	18
1.4.1. Espacial	18
1.4.2. Temporal	18
1.4.3. Económica	18
1.5. Limitaciones	18
1.6. Objetivos	19
1.6.1. Objetivo General	19
1.6.2. Objetivos Específicos	19
CAPITULO II	19
MARCO TEORICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1 Antecedentes internacionales	20
2.1.2 Antecedentes nacionales	21
2.2. Marco Conceptual	23

2.3. Definición de términos	31
2.4. Hipótesis	32
2.4.1. Hipótesis General	32
2.4.2. Hipótesis Específicas	32
2.5. Variables	32
2.5.1. Definición conceptual de las variables	32
2.5.2. Definición operacional de la variable	33
2.5.2. Operacionalización de las variables	34
CAPITULO III	35
METODOLOGIA	35
3.1. Método de investigación	35
3.2. Tipo de investigación	35
3.3. Nivel de investigación	35
3.4. Diseño de la investigación	36
3.5. Población y muestra	36
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.7. Procesamiento de la información	38
3.8. Técnicas y análisis de datos	72
CAPITULO IV	73
RESULTADOS	73
CAPITULO V	95
DISCUSION DE RESULTADOS	95
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	103
Anexo 01: Matriz de Consistencia	103
Anexo 02. Certificado de laboratorio de análisis de ensayo granulométrico	104
Anexo 03. Certificado del laboratorio de caracterización de agregado fino	106
Anexo 04. Diseño de mezcla de concreto	108
Anexo 05. Certificados de laboratorio de ensayos de las unidades de albañilería	111
Anexo 06. Panel fotográfico	129

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> “Clase de unidad de albañilería para fines estructurales” .....	25
<b>Tabla 2:</b> “Datos técnicos del Polietileno Tereftalato” .....	29
<b>Tabla 3:</b> “Operacionalización de las variables” .....	34
<b>Tabla 4:</b> “Resistencia promedio requerida” .....	48
<b>Tabla 5:</b> “Consistencia de la mezcla” .....	48
<b>Tabla 6:</b> “Tamaño máximo nominal del agregado” .....	49
<b>Tabla 7:</b> “Relación agua-cemento” .....	49
<b>Tabla 8:</b> “Proporción de Polietileno tereftalato en la mezcla de concreto” .....	50
<b>Figura 38:</b> “Equipo para el ensayo de resistencia a la compresión” .....	60
<b>Tabla 9:</b> “Dato granulométrico del agregado fino” .....	62
<b>Tabla 10:</b> “Formato de la granulometría del agregado fino” .....	63
<b>Tabla 11:</b> “Formato de las características del agregado fino” .....	63
<b>Tabla 12:</b> “Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras (patrón)” .....	65
<b>Tabla 13:</b> “Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras 3% PET)” .....	65
<b>Tabla 14:</b> “Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras 5% PET)” .....	66
<b>Tabla 15:</b> “Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras 10% PET)” .....	66
<b>Tabla 16:</b> “Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería patrón” .....	66
<b>Tabla 17:</b> “Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET” .....	67
<b>Tabla 18:</b> “Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET” .....	68
<b>Tabla 19:</b> 2Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET” .....	68
<b>Tabla 20:</b> “Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería patrón” .....	69
<b>Tabla 21:</b> “Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET” .....	69
<b>Tabla 22:</b> “Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET” .....	70

<b>Tabla 23:</b> “Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET” .....	70
<b>Tabla 24:</b> “Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería patrón” .....	71
<b>Tabla 25:</b> “Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET” .....	71
<b>Tabla 26:</b> “Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET” .....	71
<b>Tabla 27:</b> “Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET” .....	72
<b>Tabla 28:</b> “Resultados del promedio y porcentaje de variación dimensional de cada muestra de unidad de albañilería” .....	73
<b>Tabla 29:</b> “Resultados de alabeo de unidades de cada muestra de unidad de albañilería” .....	74
<b>Tabla 30:</b> “Absorción de cada muestra de unidad de albañilería” .....	75
<b>Tabla 31:</b> “Resultados de resistencia a la compresión de unidades de albañilería” .....	76
<b>Tabla 32:</b> “Clasificación de cada una de las muestras de unidades de albañilería (patrón, 3%, 5%, 10% PET)” .....	77
<b>Tabla 33:</b> “Resultados del análisis granulométrico del agregado fino N.T.P 400.012.2013” .....	79
<b>Tabla 34:</b> “Resumen de las características del agregado fino” .....	80
<b>Tabla 35:</b> “Diseño de mezcla con incorporación de 3% de PET” .....	80
<b>Tabla 36:</b> “Diseño de mezcla con incorporación de 5% de PET” .....	81
<b>Tabla 37:</b> “Diseño de mezcla con incorporación de 10% de PET” .....	83
<b>Tabla 38:</b> “Resultados de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de 10 unidades de albañilería de concreto patrón”. .....	84
<b>Tabla 39:</b> “Resultados de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 3% de PET”. .....	85
<b>Tabla 40:</b> “Resultado de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho), de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 5% de PET”. .....	85
<b>Tabla 41:</b> “Resultados de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 10% de PET”. .....	86
<b>Tabla 42:</b> “Alabeo (cóncavo y convexo) de las unidades de albañilería patrón”. .....	87
<b>Tabla 43:</b> “Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET”. ..	87
<b>Tabla 44:</b> “Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET”. ..	88
<b>Tabla 45:</b> “Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 10% de PET”. ..	88
<b>Tabla 46:</b> “Absorción de las unidades de albañilería de concreto patrón”. .....	89

<b>Tabla 47:</b> “Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 3 % de PET”	89
<b>Tabla 48:</b> “Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 5 % de PET”	90
<b>Tabla 49:</b> “Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 10 % de PET”	90
<b>Tabla 50:</b> “Resultados de las propiedades físicas de las unidades de albañilería”	91
<b>Tabla 51:</b> “Resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería de concreto patrón”	92
<b>Tabla 52:</b> “Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET”	93
<b>Tabla 53:</b> “Resistencia a compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 5 % de PET”	93
<b>Tabla 54:</b> “Resistencia a compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET”	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> “Delimitación espacial del trabajo de investigación (elaboración propia)”... 18	18
<b>Figura 2.</b> “Unidad de albañilería solida Fuente: (Elaboración propia)” ..... 27	27
<b>Figura 3.</b> “Unidad de albañilería hueca Fuente: (Elaboración propia)” ..... 27	27
<b>Figura 4.</b> “Unidad de albañilería tubular o pandereta Fuente: (Elaboración propia)” ... 28	28
<b>Figura 5</b> “Nivel de investigación descriptivo-explicativo” ..... 36	36
<b>Figura 6:</b> “Inspección del agregado fino” ..... 39	39
<b>Figura 7:</b> “Formula para hallar el módulo de finura del material, ensayo granulométrico” ..... 40	40
<b>Figura 8:</b> “Imagen de pesos retenidos en los tamices en el ensayo granulométrico” .... 40	40
<b>Figura 9:</b> “Formula para hallar el contenido de humedad del agregado fino” ..... 41	41
<b>Figura 10:</b> “Formula para hallar el peso unitario suelto seco del agregado” ..... 42	42
<b>Figura 11:</b> “Formula para hallar el peso unitario secocompactado del agregado” ..... 42	42
<b>Figura 12:</b> “ Ensayo de peso unitario del agregado” ..... 43	43
<b>Figura 13:</b> “Formula para hallar el peso específico y absorción del agregado fino” .... 44	44
<b>Figura 14:</b> “Compactación con 25 golpes el agregado en el molde cónico” ..... 45	45
<b>Figura 15:</b> “Peso del picnómetro con lamuestra” ..... 45	45
<b>Figura 16:</b> “Imagen del polietileno tereftalato” ..... 46	46
<b>Figura 17:</b> “Tamizado del polietileno tereftalato, pasante la malla N°4” ..... 46	46
<b>Figura 18:</b> “Dimensiones de (longitud, alto, ancho) de la unidad de albañilería” ..... 46	46
<b>Figura 19:</b> “Detalle de medidas de diámetros de la parte hueca de la unidad de albañilería” ..... 47	47
<b>Figura 20:</b> “Maquina para la elaboración de las unidades de albañilería” ..... 52	52
<b>Figura 21:</b> “Pesos de materiales para la elaboración de la unidad de albañilería” ..... 52	52
<b>Figura 22:</b> “Materiales de las cuatro muestras para la elaboración de las unidades de albañilería” ..... 52	52
<b>Figura 23:</b> “Incorporación de polietileno tereftalato y otros materiales en la mezcla” . 53	53
<b>Figura 24:</b> “Verificación del asentamiento (consistencia seca de la mezcla), poco trabajable” ..... 53	53
<b>Figura 25:</b> “Colocación de la mezcla de concreto en la máquina para el moldeo de la unidad de albañilería” ..... 54	54
<b>Figura 26:</b> “Unidades de albañilería elaboradas” ..... 54	54
<b>Figura 27:</b> “Ladrillo de concreto con incorporación de polietileno” ..... 55	55
<b>Figura 28:</b> “Formula para hallar la variación dimensional de la unidad de albañilería” 55	55

<b>Figura 29:</b> “Medición de longitud, alto, ancho de la unidad de albañilería” .....	56
<b>Figura 30:</b> “Concavidad de la unidad de albañilería” .....	57
<b>Figura 31:</b> “Medición de concavidad” .....	57
<b>Figura 32:</b> “Convexidad de la unidad de albañilería” .....	57
<b>Figura 33:</b> “Medición de convexidad” .....	58
<b>Figura 34:</b> “Formula para hallar la absorción” .....	58
<b>Figura 35:</b> “Secado del ladrillo en el horno por 24 horas” .....	59
<b>Figura 36:</b> “Ladrillo sumergido por 24 horas” .....	59
<b>Figura 37:</b> “Peso del ladrillo sumergido 24 horas” .....	59
<b>Figura 39:</b> “Refrendado de las muestras” .....	61
<b>Figura 40:</b> “Formula para hallar le resistencia a la compresión” .....	61
<b>Figura 41:</b> “Ensayo de resistencia a la compresión” .....	62
<b>Figura 42:</b> “Resultado del ensayo de alabeo de las muestras de las unidades de albañilería” .....	74
<b>Figura 43:</b> “Resultado del ensayo de absorción de todas las muestras de las unidades de albañilería” .....	75
<b>Figura 44:</b> “Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de todas las muestras de las unidades de albañilería”. .....	76
<b>Figura 45:</b> “Resultado: unidad de albañilería patrón ( $F'_b=178.81 \text{ Kg/cm}^2$ ), con incorporación de 3% de PET ( $F'_b=129.81 \text{ Kg/cm}^2$ ), con incorporación de 5% de PET ( $F'_b=116.04 \text{ Kg/cm}^2$ ), con incorporación de 10% de PET un ( $F'_b=85.98 \text{ Kg/cm}^2$ ), observando que a medida que se aumenta la incorporación de PET, la resistencia va disminuyendo” .....	77
<b>Figura 46:</b> “Curva granulométrica del agregado fino, se observa que la curva granulométrica se encuentra comprendida dentro del límite mínimo y máximo, cumpliendo con el uso granulométrico” .....	79

## RESUMEN

Esta investigación de tesis responde a una pregunta común: “¿Cuál es el efecto de la incorporación de tereftalato de polietileno en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de mampostería de concreto?”, el objetivo general considerado fue: “Determinar el resultado de la incorporación de polietileno y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto”, como hipótesis general se tuvo que: “El resultado de la incorporación de polietileno y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto, cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica”.

Como método de investigación general se tuvo el científico, se tuvo un tipo de investigación aplicado, el nivel fue descriptivo y el diseño realizado fue de tipo experimental. Como población se tuvieron 40 unidades de mampostería de concreto habiéndose considerado una muestra censal.

La conclusión principal es que: “El resultado de la mezcla de polietileno y su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de mampostería de concreto (estándar, 3%, 5%, 10% PET) muestran un efecto positivo y se ajustan al parámetro establecido”.

Palabras Clave **Polietileno tereftalato, unidades de albañilería, propiedades físicas-mecánicas.**

## **ABSTRACT**

This thesis research responds to a common question: "What is the effect of the incorporation of polyethylene terephthalate on the physical and mechanical properties of concrete masonry units?", the general objective considered was: "Determine the result of the incorporation of polyethylene and its effects on the physical-mechanical properties in the concrete masonry units", as a general hypothesis it was that: "The result of the incorporation of polyethylene and its effects on the physical-mechanical properties in the concrete masonry units concrete masonry, comply with the parameters established in the technical standard.

The scientific method was used as a general research method, a type of applied research was used, the level was descriptive and the design carried out was experimental. As a population, there were 40 concrete masonry units, having considered a census sample.

The main conclusion is that: "The result of the polyethylene mixture and its effect on the physical and mechanical properties of the concrete masonry units (standard, 3% , 5% , 10% PET) show a positive effect and fit to the set parameter.

**Keywords Polyethylene terephthalate, masonry units, physical-mechanical properties.**

## INTRODUCCIÓN

La investigación que lleva por nombre “Análisis comparativo de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos de concreto convencional adicionado con polietileno” se realizó a fin de: “Determinar el resultado de la mezcla de polietileno y su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería” como objetivo principal.

La reutilización del polietileno PET ha sido una de las mayores preocupaciones de la comunidad científica debido a que conforma uno de los principales materiales de desecho, en ese sentido a través de la presente investigación se adicionó a ladrillos convencionales de arcilla utilizados en la mayoría de edificaciones en nuestra realidad a fin de verificar el cumplimiento de la normatividad al respecto, todo esto a fin de beneficiar a la sociedad local y al medio ambiente.

En ese sentido, la investigación se presenta de la siguiente manera

**El primer capítulo**, considera el problema de investigación, que presenta el planteamiento del problema, la expresión y sistematización del problema, las razones, definiciones, limitaciones y metas.

**El segundo capítulo**, involucra marco teórico, antecedentes de investigación (nacional e internacional), marco conceptual (normativa vigente), definiciones terminológicas, supuestos y variables.

**El tercer capítulo**, es la metodología correspondiente, que incluye “métodos de investigación, tipos de investigación, niveles de investigación, diseño de la investigación, población y muestras, técnicas y herramientas de recolección de datos, procesamiento de información, tecnología y análisis de datos”.

**El cuarto capítulo**, presenta los resultados de la encuesta en detalle.

**El quinto capítulo**, la discusión de los resultados de la encuesta se lleva a cabo bajo la premisa y el apoyo de otras investigaciones.

**Finalmente**, se publicaron los hallazgos, recomendaciones, bibliografía y anexos de la investigación

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

La gran mayoría de los residuos sólidos que se generan a diario en el mundo está compuesta por una gran cantidad de envases de bebidas consumidos, estos envases no se degradan fácilmente y pueden quedar en el medio ambiente durante mucho tiempo, provocando contaminación y malestar en las personas.

Nuestra nación no es ajena a esto, ya que el consumo de bebidas por parte de las personas es muy alto, lo que ha provocado la emisión de desechos de botellas plásticas, los cuales son recogidos y dejados en los centros de acopio de basura, dañando al medio ambiente, lo que a la larga genera contaminación.

En nuestra ciudad, este problema también se manifiesta, ya que es de común conocimiento que podemos encontrar estos desechos en todas partes, llegando incluso a contaminar a ríos o vertederos sin ningún tratamiento, demorando mucho en su descomposición.

Para facilitar la “gestión de residuos”, se recomienda reutilizar los envases plásticos sobre todo los compuestos por “polietileno” y permitir su uso, materiales para la fabricación de nuevas tecnologías de construcción, por ejemplo, para unidades de mampostería mezcladas con polietileno, ya que este material puede reutilizarse a fin de lograr este objetivo.

Las unidades de albañilería son los más utilizados para las de edificaciones tanto unifamiliares como multifamiliares, lo que hace que se tengan gran demanda, sin embargo, debido a su bajo desempeño, al ser muchas veces artesanales, no cumplen con los parámetros normados por el Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo tanto, se ha buscado mejorar las propiedades de las unidades de ladrillos reforzándolos con las fibras de polietileno.

## **1.2 Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1 Problema General**

“¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto?”

### **1.2.2 Problema(s) Específico(s)**

1. “¿Cuál es la clasificación, según la dosificación de polietileno 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto?”
2. “¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto?”
3. “¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto?”

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Social o práctica**

Al reutilizar el polietileno en el reforzamiento de las unidades de albañilería de concreto beneficia a la sociedad ya que menguará el efecto contaminante del polietileno, mejorando su calidad de vida, así como preservando el medio ambiente.

### **1.3.2. Científica o teórica**

A través de la presente investigación se ha obtenido conocimiento propio respecto a la reutilización del polietileno en el reforzamiento de las unidades de albañilería y su posterior utilización para la construcción de edificaciones unifamiliares y multifamiliares, así como de otros tipos.

### **1.3.3. Metodológica**

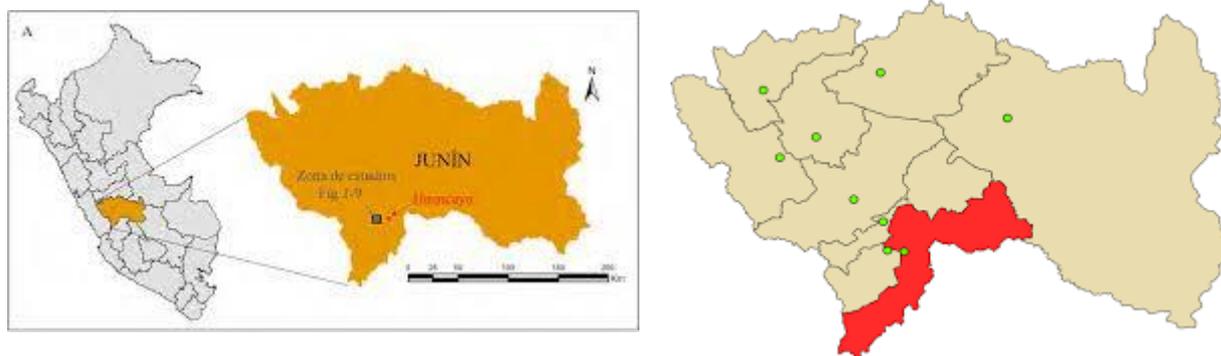
En la presente investigación se aporta con una metodología propia para la adición del polietileno en el reforzamiento de las unidades de albañilería, a fin de que este sea replicado dentro del área de investigación.

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Espacial**

Esta investigación ha sido desarrollada del distrito de Huancayo en la provincia de Huancayo y región de Junín.

**Figura 1: Delimitación espacial**



#### **1.4.2. Temporal**

La tesis se ha desarrollado en cuatro meses entre el mes de setiembre 2020 hasta el mes de agosto de 2021.

#### **1.4.3. Económica**

Los costos originados por la realización de la presente tesis, fueron asumidos por el investigador en su totalidad.

### **1.5. Limitaciones**

Existieron limitaciones debido al estado de emergencia y a la inmovilización ciudadana, lo cual originó retrasos en el tiempo de ejecución, así como para la búsqueda de una planta para la reducción o molienda del polietileno.

### **1.6. Objetivos**

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

Determinar el resultado de la incorporación de polietileno y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto.

#### **1.6.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar la clasificación, según la dosificación de polietileno 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto.
2. Analizar el resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto.
3. Explicar el resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

(Caballero, 2016) en la investigación **“Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietileno tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción”**, en la Universidad de Cartagena, ha llegado a concluir lo siguiente:

- “Debido a la creciente atención a la cantidad de polímero de desecho, el uso de porcentaje de material de PET en lugar de agregado fino para hacer bloques puede usarse como una alternativa a la producción en masa en el método de fabricación actual”.
- “Con el objetivo general de analizar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques con diferentes proporciones de PET triturado mediante ensayos estandarizados, se determina que los bloques fabricados no cumplen con la resistencia mínima requerida por la norma técnica colombiana. El motivo es que estos valores Son inferiores a 5Mpa, por lo que se llega a la conclusión., El bloque no se puede utilizar para mampostería estructural, sino para la construcción de tabiques no portantes. En términos de absorción, los resultados son satisfactorios, ya que, para mampostería de peso medio y alto, los porcentajes obtenidos están en el rango de menos del 12% y 15%, y dado que la absorción es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión, la absorción El porcentaje contrasta con los bloques Compresión con mayor resistencia”.

(Zavala, 2015) en la investigación **“Diseño y Desarrollo Experimental de Materiales de Construcción Utilizando Plástico Reciclado”** en la Escuela especializada en Ingeniería ITCA –FEPADE, ha llegado a concluir lo siguiente:

- “En la investigación se encontró que debido a que la forma geométrica de las partículas plásticas es irregular, afecta directamente el comportamiento de la mezcla; por lo tanto, si se utilizan partículas más finas se obtendrá una mayor adherencia, afectando la cantidad de agregado fino en la mezcla de mortero Para crear el elemento cemento-PET”.
- “La tecnología del uso de plásticos reciclados es una posible alternativa que se puede utilizar para diferentes elementos constructivos, como el interior de una casa, considerando que estos elementos no pueden soportar grandes cargas, pero si son ecológicos y ligeros, aportarán diferentes. materiales tradicionales de aislamiento térmico, tiene suficiente resistencia para ser utilizado en la construcción de elementos no estructurales”.

(Piñeros, 2018) en la investigación **“Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicado en la construcción de vivienda”**, en la Universidad Católica de Colombia”, ha llegado a concluir lo siguiente:

- “Las alternativas innovadoras y tecnológicas utilizan materiales de desecho para crear componentes constructivos. Por su forma, apariencia y apariencia, el tamaño, la forma, la textura y el peso de los ladrillos presentan excelentes condiciones. Presentan la textura suave obtenida durante el proceso de fusión y solidificación, lo que aporta un valor adicional a este nuevo material de construcción”.
- “En cuanto al peso, esta es una característica que hay que destacar porque es más liviana que su par estructural (bloque de mortero con cemento y arena). Obviamente, cuando se aumenta el porcentaje de agregado de PET, se reduce en gran medida el peso promedio de la muestra. el peso es de 0,784 gramos, mientras que el peso medio de los ladrillos tradicionales es de 1,075 gramos”.
- “La resistencia específica debe cumplirse de acuerdo con la norma, y una vez verificados los resultados de laboratorio, se demostrará que el 10%, 20% y 25% de los agregados de PET cumplen con la resistencia específica requerida. Los

porcentajes de PET al 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80% fueron inferiores a la resistencia, por lo que estas muestras se descartaron. De acuerdo con los datos obtenidos en el párrafo anterior, se puede inferir que la mezcla con PET al 25% ha alcanzado los estándares requeridos en cuanto a resistividad en 7 días y 14 días. No hay que olvidar que en el análisis anterior se tiene en cuenta el peso de todos los ladrillos, independientemente de la cantidad y tamaño, lo que significa diferentes tamaños y pesos, pero lo mismo que en el caso de los ladrillos regulares, porque están en Se fabrican en diferentes fábricas, por lo que presentan irregularidades en tamaño y peso”.

### 2.1.2 Antecedentes nacionales

(Echeverría Garro, 2017) En la investigación: **“Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado”**, en la Universidad Nacional de Cajamarca, ha llegado a concluir lo siguiente:

- “Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillos de hormigón-PET (3%, 6%, 9% PET) no presenta cambios sustanciales en los cambios dimensionales y alabeos en comparación con los ladrillos estándar (0% PET) Estas características están relacionadas con los ladrillos. El proceso de fabricación, la geometría y las condiciones de almacenamiento son iguales para todos los tipos. Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillos de hormigón-PET (3%, 6%, 9% PET) aumentan la absorción cuando la mezcla contiene PET. Este comportamiento se atribuye a la geometría de las escamas de PET reciclado, si no lo permiten. contienen partículas de hormigón, creando así más poros aquí”.
- “Las resistencias a la compresión de los tres tipos de ladrillos de hormigón-PET son  $f'b = 127.08 \text{ kg / cm}^2$ ,  $f'b = 118.80$  y  $f'b = 110.46 \text{ kg / cm}^2$ , que son 3%, 6% y 9% respectivamente. resistencia a la compresión actual La reducción máxima de la resistencia es de  $51,5 \text{ kg / cm}^2$  o 31,8%, en comparación con el ladrillo estándar (0% PET)  $f'b = 161,96 \text{ kg / cm}^2$ . El ladrillo estándar (0% PET) se divide en unidades de mampostería de grado IV, y el ladrillo de hormigón-PET (3%, 6%, 9% PET) se divide en unidades de mampostería de grado III, cumpliendo con el valor de referencia que excede el estándar de valor estructural. E.070: Diseño especificado en 2006.

Tres tipos de ladrillos de hormigón: PET (3%, 6%, 9% PET) se clasifican en ladrillos de Clase III según sus propiedades, y los ladrillos estampados (0% PET) se clasifican como ladrillos de Clase IV, todos los cuales se pueden utilizar en estructuras”.

(Reyna, 2016) en la investigación **“Reutilización de Plástico PET, Papel y Bagazo de Caña de Azúcar, como Materia Prima en la Elaboración de Concreto Ecológico para la Construcción de Viviendas de Bajo Costo”**, ha llegado a concluir lo siguiente:

- “El estudio encontró una forma de reutilizar los residuos plásticos PET, el papel y el bagazo como materia prima para producir hormigón ecológico para construir viviendas de bajo coste. Materias primas como cemento Portland Extra Forte, grava de ½”, arena gruesa y los residuos antes mencionados, que se utilizan como sustituto de la arena gruesa al 5%, 10% y 20% en peso”.
- “Se determina que el hormigón que contiene un 5% de plástico PET tiene mejor resistencia a la compresión y, a medida que aumenta el contenido de residuos en el hormigón, disminuye su resistencia a la compresión. De manera similar, se determina que agregar plástico PET puede ahorrar el costo unitario del concreto”.

(Astopilco Valiente, 2015) en la investigación **“Comparación de las propiedades físico-mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015”**, en la Universidad Privada del Norte, ha llegado a concluir lo siguiente:

- “La investigación encontró que no todos los ladrillos de hormigón hechos con residuos plásticos de PVC tienen propiedades físicas y mecánicas mejoradas. La principal limitación se puede superar para obtener un molde artesano con dos unidades de ladrillos con medidas precisas”.
- “Los resultados obtenidos son precisos y beneficiosos en la investigación. Además de la resistencia a la compresión, se han mejorado las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de ladrillos de hormigón fabricadas con residuos plásticos de PVC. Para la prueba de cambio dimensional, es la más pequeña, con un promedio de 0-2,5 mm en la prueba de alabeo. Al absorber agua, la capacidad de absorción de agua del ladrillo con el porcentaje de PVC es pequeña, y la capacidad de absorción de agua del ladrillo con 50% PVC y 14.02 gramos promedio El valor es 15.54 gramos Para ladrillos que

contienen 100% PVC, para la prueba de absorción de agua, la capacidad de absorción de agua de los ladrillos con un porcentaje de PVC es menor”.

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. Normas y reglamentos**

(E.070 ALBAÑILERÍA, Peru) “Esta norma especifica los requisitos mínimos y los requisitos para el diseño, análisis, materiales, construcción, control de calidad e inspección de edificios de mampostería compuestos principalmente por muros”.

**(NTP 399.613 Norma Técnica Peruana, 2005)** “Esta norma es una norma formulada por el Comité Técnico de Normalización para Unidades de Mampostería y es aplicable al control de calidad de ladrillos de arcilla cocida para unidades de mampostería”.

**(LEY N° 30884, 2018)** “Esta ley establece un marco regulatorio para todos los plásticos de un solo uso, plásticos no reutilizables, envases y envases desechables de poliestireno expandido (tecnopor) para bebidas y alimentos de consumo masivo en el Perú. El objetivo de la ley es cooperar en la realización del derecho de todos a tener un entorno adecuado y equilibrado para promover sus vidas y su desarrollo, reduciendo así los efectos adversos de los plásticos de un solo uso, los desechos plásticos marinos, los ríos y lagos y otros contaminantes similares. Promover la salud y el medio ambiente de todas las personas de la misma forma (leyes que regulan los plásticos de un solo uso y los envases o envases de un solo uso)”.

**(NTP 400.012 - Norma Técnica Peruana (NTP), 2013)** “Es una norma formulada por el Comité Técnico de Normalización de Áridos, Hormigón (Hormigón), Hormigón Pretensado y Armado, y es un documento técnico que especifica el método para determinar la distribución granulométrica de los áridos mediante el método”.

**(NTP 400.037, 2014)** “Esta norma fue formulada por el Comité Técnico de Normalización de Áridos, Hormigón, Hormigón Pretensado y Hormigón Armado, es un documento técnico que especifica la gradación (tamaño de grano) de los agregados finos y gruesos y los requisitos de calidad para el concreto”.

**(NTP 339.185 - Norma Técnica Peruana (NTP), 2013)** “Esta norma fue formulada por el Comité Técnico de Normalización de Áridos, Hormigón, Refuerzo y Hormigón Pretensado, y especifica los procedimientos para obtener el porcentaje de humedad evaporada presente en muestras de áridos finos o gruesos mediante secado”.

**(NTP 400.017 - Norma Técnica Peruana (NTP), 2011):** “Es una norma establecida por el Comité Técnico de Normalización de Áridos, Hormigón, Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, que especifica la determinación de la densidad de masa (peso unitario) de los áridos en estado compactado o suelto”.

**(NTP 400.022 - Norma Técnica Peruana (NTP) , 2013)** “Es un estándar formulado por el Comité Técnico de Normalización de Áridos, Hormigón, Hormigón Armado y Hormigón Pretensado. Es un agregado fino que especifica la determinación de secuencia, saturación, gravedad específica aparente, superficie seca y absorción de agua (después de 24 horas)”.

### **2.2.2. Características de los ladrillos**

- “El ladrillo se puede llamar una unidad, y su peso y tamaño permiten la operación con una sola mano”.
- “Las unidades de mampostería son ladrillos y bloques, que pueden estar hechos de materias primas como arcilla, sílice caliza u hormigón”.
- “Los ladrillos pueden ser macizos, huecos, alveolares o tubulares, y pueden fabricarse de forma industrial o manual”.
- “Las unidades de mampostería de hormigón se curan con agua para aumentar la resistencia. El uso de estos dispositivos se iniciará a partir de los 28 días de su fabricación”.

### **2.2.3. Clases de unidades**

“Las unidades de mampostería utilizadas para propósitos de diseño estructural deben cumplir con las características que se muestran en la siguiente tabla”:

**Tabla 1:** “Clase de unidad de albañilería para fines estructurales”

<b>“CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES”</b>					
<b>“CLASE”</b>	<b>“VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN”</b> (máxima en porcentaje)			<b>“ALABEO”</b> (máximo en mm)	<b>“RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN”</b> $f'_{b}$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	<b>Hasta 100 mm</b>	<b>Hasta 150 mm</b>	<b>Más de 150 mm</b>		
<b>Ladrillo I</b>	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
<b>Ladrillo II</b>	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
<b>Ladrillo III</b>	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
<b>Ladrillo IV</b>	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
<b>Ladrillo V</b>	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
<b>Bloque P (1)</b>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
<b>Bloque NP (2)</b>	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

**Nota:** “Clasificación de las unidades de albañilería, para fines estructurales, (1) bloque usado en la construcción de muros portantes, (2) bloque usado en la construcción de muros no portantes. Fuente (E.070, 2006) (12)”.

Hay cinco tipos, tal como se aprecia anteriormente, cuentan con el siguiente detalle:

- **“Tipo I.** La durabilidad y resistencia de estos ladrillos es muy baja, son aptos para su uso en las condiciones mínimas requeridas (residencial de 1 o 2 plantas), evitando el contacto directo con el suelo o la lluvia”. (San Bartolome, 1994)
- **“Tipo II.** En esta categoría, los ladrillos tienen baja resistencia y durabilidad; se usan en condiciones de servicio medio (sin contacto directo con el suelo, el agua o la lluvia)”. (San Bartolome, 1994)
- **“Tipo III.** Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad moderadas y pueden usarse en edificios expuestos bajo condiciones de intemperie”. (San Bartolome, 1994)
- **“Tipo IV.** Estas unidades tienen alta resistencia y durabilidad; adecuadas para su uso en condiciones de servicio difíciles. Pueden verse afectados por condiciones climáticas moderadas y pueden entrar en contacto con el suelo, el agua y las lluvias intensas”. (San Bartolome, 1994)

- **“Tipo V.** Estos ladrillos tienen durabilidad y resistencia elevada; se emplean en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al Tipo IV” (San Bartolome, 1994)

#### **2.2.4. Ensayos de propiedades físicas y mecánicas**

Tal como indica la norma de albañilería E.070 del RNE, en las unidades de ladrillos, deben de realizarse los siguientes ensayos:

- **“Resistencia a la Compresión:** Para realizar este ensayo se seguirá el procedimiento de laboratorio indicado en la (NTP 399.613 Norma Técnica Peruana, 2005)”.
- **“Variación Dimensional:** Para efectuar la medición de variación dimensional de los ladrillos, se seguirá el procedimiento indicado en la (NTP 399.613 Norma Técnica Peruana, 2005)”.
- **“Absorción:** Para determinar este ensayo se seguirá el procedimiento indicado en la (NTP 399.613 Norma Técnica Peruana, 2005)”.

#### **2.2.5. Aceptación y conformidad**

Tal como indica la norma de albañilería E.070 del RNE, los ladrillos se aceptan cuando cumplen lo siguiente:

- “La tasa de absorción de ladrillos o bloques de hormigón no supera el 12%.
- La unidad de mampostería no tendrá objetos extraños como guijarros, conchas o nódulos calcáreos en su superficie o en su interior.
- La unidad de mampostería no tendrá grietas, hendiduras, grietas u otros defectos similares que reduzcan su durabilidad o resistencia.
- La unidad de mampostería no tendrá manchas blancas o manchas de sal o rayas de otras fuentes”.

#### **2.2.6. Tipos de ladrillos**

“El tipo de unidad de mampostería se basa en el área neta y es proporcional a la superficie total de la superficie del asiento. Asimismo, no tiene nada que ver con el tamaño de las unidades o las materias primas de las que están hechas”. (San Bartolome, 1994).

### **a.- Unidades sólidas - macizas**

“Son unidades de mampostería, que pueden tener ranuras o perforaciones perpendiculares a la superficie del asiento, y su área de cobertura no supera el 25% del área total de la sección transversal en el mismo plano”.

*Figura 2. “Unidad de albañilería sólida”*



### **b. Unidades huecas**

“Unidades de mampostería cuya área neta (área de asiento) sea menor al 75% del área total. Las unidades con muchas perforaciones entran en esta categoría”. (San Bartolome, 1994)

*Figura 3. “Unidad de albañilería hueca”*



### **c. Unidades tubulares o pandereta.**

“El área equivalente de la unidad de mampostería cuyas unidades o perforaciones están dispuestas paralelas a la superficie del asiento en el mismo plano es menos del 70% del área total. En este tipo se encuentra la unidad de mampostería de pandereta, utilizada principalmente para trabajos de partición” (San Bartolome, 1994)

**Figura 4.** “Unidad de albañilería tubular o pandereta”



#### **2.2.7. Dimensiones y áreas de la unidad de albañilería**

- A. “Dimensiones especificadas:** Son las dimensiones a las cuales debe conformarse el ladrillo de acuerdo a su designación”. (Morales, 2012)
- B. “Dimensiones:** Son las medidas reales que tiene el ladrillo” (Morales, 2012)
- C. “Largo:** Es la mayor dimensión del ladrillo”. (Morales, 2012)
- D. “Ancho:** Es la menor dimensión del ladrillo”. (Morales, 2012)
- E. “Alto:** Es la dimensión perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo”. (Morales, 2012)
- F. “Área bruta:** Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho”. (Morales, 2012)
- G. “Área neta:** Es el resultado de restar el área bruta menos el área de los vacíos del ladrillo”. (Morales, 2012)

#### **2.2.8. El plástico polietileno tereftalato (PET)**

“Es un polímero que se compra como subproducto del petróleo crudo, el aire y el gas natural. En su composición encontramos 64% de petróleo, 13% de mezcla de aire y 23% de gas natural. Tiene las características de ligereza, mucho brillo y transparencia, sobre todo 100% reciclable y posible producir envases reutilizables, lo que ha llevado a la sustitución de otros materiales”. (Lama, 2010).

#### **Propiedades del plástico polietileno tereftalato (PET)**

“El plástico se caracteriza por una alta resistencia en términos de densidad, aislamiento eléctrico y aislamiento térmico. El tereftalato de polietileno (PET) tiene propiedades relacionadas, como se muestra en la figura”. (Angumba, 2016).

**Tabla 2:** “Datos técnicos del Polietileno Tereftalato”

<b>DATOS TÉCNICOS DEL POLIETILENO - TEREFTALATO (PET)</b>		
<b>“PROPIEDADES MECÁNICAS”</b>		
Peso específico	134	g/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la tracción	825	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la flexión	1450	kg/cm <sup>2</sup>
Alargamiento a la rotura	15	%
Módulo de elasticidad (tracción)	28550	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al desgaste por roce	MUY BUENA	
Absorción de humedad	0.25	%
<b>“PROPIEDADES TÉRMICAS”</b>		
Temperatura de fusión	255	°C
Conductividad térmica	Baja	
Temperatura de deformabilidad por calor	170	°C
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175	°C
Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	0.00008	mm por °C
<b>“PROPIEDADES QUÍMICAS”</b>		
Resistencia a álcalis débiles a Temperatura Ambiente	Buena	
Resistencia a ácidos débiles a Temperatura Ambiente	Buena	
Comportamiento a la combustión	Arde con mediana dificultad	
Propagación de llama	Mantienen la llama	
Comportamiento al quemado	Gotea	

**Nota:** “Datos técnicos del polietileno tereftalato Fuente: (Angumba, 2016)”.

### 2.2.9. Reciclado

“El reciclaje es una acción que puede reciclar y utilizar los residuos sólidos para reintegrarlos al ciclo económico y reutilizarlos como materia prima para crear nuevos productos innovadores”.

“Las actividades de reciclaje permiten el reciclaje de materiales, lo que ahorra materias primas, energía y agua, que son necesarios para la producción de nuevos materiales y, lo más importante, puede reducir la contaminación ambiental”.

“El reciclaje permite a la industria obtener materias primas secundarias a precios más bajos y mejora su competitividad en el mercado”.

## **A. Reciclaje de plástico**

“Los métodos viables de reciclaje de plástico pueden tener diferentes propiedades, desde el reciclaje directo, la incineración con o sin recuperación de energía, hasta la modificación del mismo en productos de mayor valor agregado a través del reciclaje químico”.

“El tipo de reciclaje utilizado en el estudio es el reciclaje mecánico, que se centra en el proceso de recolección y separación de contenedores, trituración, lavado y exprimido de materiales poliméricos. Mediante este proceso se obtienen copos y se pueden obtener nuevos fragmentos (copos de plástico) por efecto del calor”.

### **2.2.10. Plástico polietileno tereftalato (PET) reciclado en ladrillos**

“Combinado con la definición de ladrillos de hormigón, PET es una unidad de ladrillos hecha de contenedores de PET y otros desechos plásticos. Estos ladrillos pueden contener cemento, agregado de piedra o arena. O simplemente plástico. Suelen estar fabricados con materiales reciclados. En comparación con los ladrillos tradicionales, los ladrillos de PET se caracterizan por una gravedad específica baja”.

#### **A. Proceso**

Al fabricar unidades de ladrillos industrialmente, la textura que se suele ver es rugosa.

#### **B. Fabricación**

- “Para la fabricación de ladrillos, la cantidad de material se basa en volumen o peso. En ambos casos, se utiliza el asentamiento de mezcla seca 0 "-2"), el propósito es hacer que la unidad esté completamente formada sin astillarse”.
- “El conformado se realiza mediante compresión vibratoria (industrial), utilizando máquinas estacionarias o de "colocación" (in situ), o triturando la mezcla en moldes artesanales”.
- “3 veces al día, se puede curar dentro de los 28 días posteriores al riego”.
- “Estos dispositivos se pueden utilizar 28 días después de la fabricación”.

## **2.3. Definición de términos**

### **a. Ladrillo**

“Un ladrillo se denomina unidad, su tamaño y peso permiten la operación con una sola mano, en la que se utiliza arcilla, cal silíceo u hormigón como materia prima. Estos dispositivos pueden ser macizos, huecos, alveolares o tubulares, y pueden fabricarse de forma manual o industrial”.

### **b. PET**

“Es la abreviatura de tereftalato de polietileno. Es un polímero obtenido como subproducto del petróleo crudo, aire y gas natural. Según su estructura cristalina, pueden ser utilizados como fibras y reutilizables en la industria textil. Plásticos en la fabricación de envases como refrescos o botellas de agua. Se caracteriza por su ligereza, mucho brillo y transparencia, y es 100% reciclable”.

### **c. Reciclaje**

“Actividades que pueden reciclar residuos sólidos para reintegrarlos al ciclo económico, reutilizarlos o utilizarlos como materia prima para crear nuevos productos”.

### **d. Concreto**

“Se trata de ladrillos de hormigón mezclados con distintos porcentajes de tereftalato de polietileno (principalmente reciclado)”.

### **f. Absorción**

“La prueba de absorción de agua permite obtener la capacidad de absorción de agua del ladrillo, que se obtiene restando el peso de la absorción de agua menos que el peso del ladrillo en estado seco”.

### **g. Medición de dimensiones**

“Mide el largo, ancho y alto de cada unidad de mampostería”.

## **h. Ensayo de resistencia a la compresión**

“Esta es una prueba que consiste en aplicar cargas de compresión progresivas a los ladrillos para determinar su coeficiente de resistencia”.

## **i. Alabeo**

“Es la deformación de la curva de las superficies superior e inferior del ladrillo cuando se fabrica”.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

“El resultado de la incorporación de polietileno y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto, cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica”

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

1. “La clasificación, según la dosificación de polietileno 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto son clase III, III y II, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica”.
2. “El resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica”.
3. “El resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica”.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de las variables**

#### **a) Variable Dependiente (X): Polietileno**

“La adición de tereftalato de polietileno permite utilizar este material como una alternativa diferente a los materiales tradicionales utilizados para fabricar unidades de mampostería”.

**b) Variable Independiente (Y): Propiedades físicas-mecánicas**

“**Propiedades físicas:** Son aquellas propiedades que se pueden medir u observar sin alterar la composición del elemento”.

“**Propiedades mecánicas:** Son aquellas propiedades que poseen los materiales y que tienen la capacidad de resistencia a cargas aplicadas”.

**2.5.2. Definición operacional de la variable**

**a) Variable Dependiente (X): Polietileno**

- Porcentaje de adición de polietileno

**b) Variable Independiente (Y): Propiedades físicas-mecánicas**

- “Análisis granulométrico”
- “Caracterización de los agregados”
  - “Peso unitario suelto seco – PUSS”
  - “Peso unitario compactado seco -PUCS”
  - “Contenido de humedad total del agregado fino”
  - “Peso específico y absorción del agregado fino”
- “Ensayo de variación dimensional”
- “Ensayo de alabeo”
- “Ensayo de absorción”
- “Ensayo de resistencia a la compresión”

## 2.5.2. Operacionalización de las variables

*Tabla 3: Operacionalización de las variables*

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Unidad de medición
Variable independiente (X): <b>Polietileno tereftalato</b>	“Es un polímero adquirido como un sub producto del petróleo derivado El polietileno tereftalato se emplea como una alternativa diferente a la tradicional para fabricar unidades de albañilería”.	Polietileno tereftalato	Porcentaje de PET	%
Variable dependiente (Y) <b>Propiedades físicas-mecánicas</b>	“ <b>Propiedades físicas:</b> Son aquellas propiedades que se pueden medir u observar sin alterar la composición del elemento”.	Ensayos	Variación dimensional	mm
			Absorción	%
			Alabeo	mm
	“ <b>Propiedades mecánicas:</b> Son aquellas propiedades que poseen los materiales y que tienen la capacidad de resistencia a cargas aplicadas”.	Ensayos	- Resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>

## **CAPITULO III METODOLOGÍA**

### **3.1. Método de investigación**

El método de investigación fue el “científico”, ya que el desarrollo de la investigación se realiza “mediante métodos que siguen una serie de pasos y procedimientos ordenados para alcanzar los objetivos planteados en la investigación”.

### **3.2. Tipo de investigación**

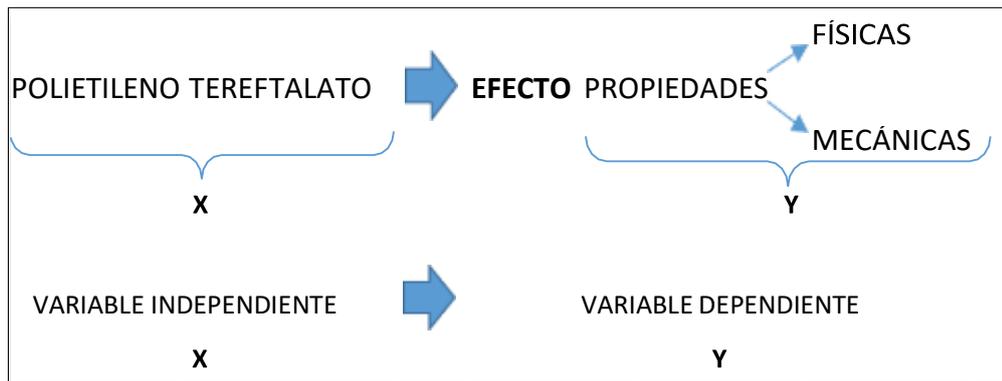
El tipo empleado fue el “aplicado”, ya que los conocimientos adquiridos se utilizaron para resolver la realidad problemática

Por otro lado, haciéndose énfasis en el manejo de datos, la investigación tuvo un enfoque cuantitativo.

### **3.3. Nivel de investigación**

Se tuvo un nivel de investigación: “descriptivo-explicativo”, considerándose descriptivo porque “describe la realidad del evento o situación, y explicativo porque explica la incidencia del porcentaje de polietileno adicionado en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, por lo que se ha considerado este nivel de investigación”.

**Figura 5** “Nivel de investigación descriptivo-explicativo”



### 3.4. Diseño de la investigación

Se tuvo un diseño “experimental”, debido a que “se elaboraron unidades de albañilería de concreto a las cuales se les adicionaron diferentes dosificaciones de polietileno a fin de realizar ensayos os en un laboratorio”.

### 3.5. Población y muestra

- **Población:** La población fue de “40 unidades de albañilería de concreto” preparadas con la adición de polietileno y muestra patrón.
- **Muestra:** No se utilizó la técnica de muestreo, sino que se consideró toda la población, es decir se utilizó la muestra censal.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### - Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección utilizadas en la presente investigación fueron las siguientes:

- Observación
- Fichas de observación

#### - Instrumentos de recolección de datos

Las herramientas utilizadas en cada experimento realizado durante la investigación fueron:

#### A. “Análisis Granulométrico (NTP 400.012, 2013)

##### Materiales

- “Agregado fino: arena gruesa de cantera”
- “Juego de tamices de: 3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo”
- “Balanza”

- “Horno 110 °C ± 5° C”
- “Palas”
- “Taras”

**B. “Contenido de humedad total de agregado fino (NTP 339.185, 2013)**

**Materiales**

- Agregado fino: arena gruesa de cantera
- Taras
- Horno 110 °C ± 5° C
- Balanza”

**C. “Peso unitario suelto seco (PUSS) y peso unitario compactado seco (PUCS) (NTP 400.017, 2011)**

**Materiales**

- Balanza
- Recipiente metálico
- Varilla compactadora de acero
- Pala de mano o cucharón”

**D. “Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022:2013)**

**Materiales**

- Agua
- Balanza con capacidad mínima de 1000 g o más y sensibilidad de gr.
- Estufa con T° de 110C± 5C
- Frasco volumétrico de 500 cm<sup>3</sup> (picnómetro)
- Molde cónico
- Estufa
- Brocha
- Taras”

**E. “Diseño de mezclay fabricación de los ladrillos (NTP 400.022:2013)**

**Materiales**

- Cemento portland tipo I (Cemento Andino).
- Agregado

- Agua
- Polietileno tereftalato
- Badilejo
- Palas
- Máquina para fabricar unidades de albañilería
- Variación dimensional (NTP 399.613) Materiales
- Regla de metal con divisiones de 1.0 mm
- Vernier (pie de rey)”

#### **F. “Alabeo (NTP 399.613)**

##### **Materiales**

- Regla de metal con divisiones de 1.0 mm
- Cuña de madera o acero rectangular
- Absorción (NTP 399.613) Materiales
- Unidades de albañilería de concreto.
- Balanza.
- Recipiente con agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas.
- Horno 110 °C ± 5° C.
- Resistencia a la compresión (NTP 399.613) Materiales
- Prensa para roturar probetas
- Brocha
- Guantes
- Zapatos de seguridad”

### **3.7. Procesamiento de la información**

El procesamiento de la información recabada para la investigación se realizó de la siguiente manera:

#### **a. Fase de planeamiento y organización**

“Lectura y ordenamiento de información bibliográfica: lectura correspondiente y consulta de la bibliografía relacionada con trabajos de investigación, utilizando fuentes de papel pasadas, bases de conocimiento de diferentes universidades, Internet, libros y estándares técnicos”.

“Actualmente, de él se extrae información relevante, que se utiliza y permite para la investigación.

Elija los materiales utilizados. Antes de continuar con el trabajo, se seleccionaron y comprobaron en detalle los materiales a utilizar para evitar problemas en las pruebas y el refinamiento de la unidad”.

*Figura 6: “Inspección del agregado fino”*



**b. Fase de recopilación de datos (laboratorio)**

❖ **Ensayos del agregado**

✓ **Análisis Granulométrico (NTP 400.012, 2013)**

“La prueba de análisis de tamaño de partícula es para verificar si el material cumple con los parámetros de uso de tamaño de partícula.

**Procedimiento:**

- Se adquirió una muestra de agregado fino (arena gruesa de cantera), se hizo secar el material y se realizó el cuarteo del material para mantener la uniformidad del mismo.
- Se pesó el material para el ensayo.

- Se colocó y se pasó la muestra por el juego de tamices según lo estipulado en la NTP 400.012., se agita de un lado para otro el juego de tamices en forma manual.
- Después del tamizado se procedió a pesar el material retenido en cada tamiz (N° 3/8, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 Y FONDO).
- El Tamaño Máximo Nominal es el que corresponde a la abertura del tamiz en el cual queda retenido 5% o más de material.
- Finalmente se halla el módulo de finura, el cual es el indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas del agregado, la cual se obtuvo con la siguiente fórmula:”

**Figura 7:** “Formula para hallar el módulo de finura del material, ensayo granulométrico”

$$MF = \left( \frac{\sum \% \text{ Retenido en las mallas } \frac{3}{8}, 4, 8, 16, 30, 50, 100}{100} \right)$$

Donde:

MF= Modulo de finura

**Figura 8:** “Imagen de pesos retenidos en los tamices en el ensayo granulométrico”



✓ **Contenido de humedad total de agregado fino (NTP 339.185, 2013).**

“La prueba de contenido de humedad (% en peso) del agregado se lleva a cabo de acuerdo con el procedimiento especificado en NTP 339.185.2013.

**Procedimiento:**

- Se colocó la muestra de agregado húmedo en un recipiente de peso conocido y se registró ese peso, inmediatamente después se colocó en la estufa por 24 horas a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Posterior al paso anterior se pesó el recipiente con la mezcla seca para determinar la cantidad de agua evaporada.
- El contenido de humedad de agregado fino se obtiene utilizando la siguiente formula”.

**Figura 9:** “Formula para hallar el contenido de humedad del agregado fino”

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

Dónde:

- “Wh: Peso del agregado húmedo”.
- “Ws: Peso del agregado en condición seca”

✓ **Peso unitario suelto seco (PUSS) y peso unitario compactado seco (PUCS) (NTP 400.017, 2013).**

“Las pruebas de peso unitario seco a granel (PUSS) y peso unitario comprimido seco (PUCS) se realizan de acuerdo con los procedimientos establecidos en NTP 400.017.2013”.

**“Procedimiento: Peso unitario suelto seco-PUSS**

- Se obtiene la muestra para realizar el ensayo.
- Se realiza el peso de un recipiente vacío.
- Se coloca un recipiente dentro de otra bandeja y con la cuchara pulpera se deja caer el agregado en el recipiente a una altura de unos 60 mm aproximadamente.
- Una vez que el recipiente se encuentre con material que sobrepasa su superficie, enrasamos nivelando la superficie.
- Posteriormente pesar el recipiente con el agregado y anotar el valor del peso.

- Repetir el procedimiento por un total de 3 veces.
- Hallamos el peso volumétrico suelto con la siguiente fórmula”.

**Figura 10:** “Formula para hallar el peso unitario suelto seco del agregado”

$$PUS_{SS} = \frac{PESO_{recipiente+muestra} - PESO_{recipiente}}{Volumen\ del\ recipiente}$$

✓ **Peso unitario seco compactado-PUSC**

- “Se obtiene la muestra necesaria para realizar el ensayo.
- Se procede a pesar el recipiente vacío.
- Se llenó de forma aproximada la tercera parte de la capacidad del recipiente. Se compacto con 25 golpes el material distribuyéndola de manera uniforme en toda la superficie.
- Se llena de forma aproximada un tercio más (sumando dos tercios) de la capacidad del recipiente. Se volvió a compactar con 25 golpes el material que se distribuyéndola de manera uniforme en toda la superficie.
- Posteriormente se terminó de llenar hasta la superficie el recipiente con el agregado, dejando sobrepasar el material la superficie del recipiente.
- Compactamos con 25 golpes el material distribuyéndola de manera uniforme en la superficie de agregado.
- Se nivelo la superficie utilizando un enrasador.
- Posteriormente se pesó el recipiente que contiene el agregado, anotando el valor del peso.
- Repetimos el procedimiento por un total de 3 veces.
- Hallamos el peso volumétrico compactado con la siguiente fórmula”

**Figura 11:** “Formula para hallar el peso unitario seco compactado del agregado”

$$PUSC = \frac{PESO_{recipiente+muestra} - PESO_{recipiente}}{Volumen\ del\ recipiente}$$

**Donde:**

- V: Volumen del recipiente

*Figura 12: “Ensayo de peso unitario del agregado”*



✓ **Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022, 2013).**

“La prueba de gravedad específica se lleva a cabo de la siguiente manera”:

#### **Procedimiento**

- “Secar la muestra en estufa a  $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$  durante 24 horas. Llene la muestra con agua y déjela por 24 horas. Extienda la muestra al aire libre hasta que se observe que parece uniformemente seca.
- Poner el árido en un molde cónico y golpearlo 25 veces con un martillo metálico para compactarlo. Levante el cono verticalmente (si la humedad de la superficie todavía está presente, el agregado mantendrá la forma del cono, pero si la muestra se descompone alrededor del borde, la muestra todavía está seca y saturada en la superficie). Repita este paso hasta que la superficie del agregado esté seca y saturada.

- Después de completar el paso anterior, pese 200 gramos. Materiales preparados. El picnómetro se pesa sin tapa.
- -Añadir el material en el picnómetro, añadir agua, agitar y dejar escapar las burbujas, añadir agua hasta la marca de calibración (500cm<sup>3</sup>).
- Después de una hora, pesar el picnómetro con la muestra. Registre los datos y exprese el resultado mediante la siguiente fórmula”:

**Figura 13:** “Formula para hallar el peso específico y absorción del agregado fino”

$$\begin{aligned}
 P_{em} &= \frac{W_o}{V-V_a} \\
 P_{eSSS} &= \frac{500}{(V-V_a)} \\
 P_{ea} &= \frac{W_o}{(V-V_a)-(500-W_o)} \\
 Ab &= \left( \frac{500-W_o}{W_o} \right) * 100
 \end{aligned}$$

**Dónde:**

- “P<sub>em</sub> : Peso específico de masa (gr/cm<sup>3</sup>)”
- “P<sub>eSSS</sub>: Peso específico de masa saturada con superficie seca (gr/cm<sup>3</sup>)”
- “P<sub>ea</sub> : Peso específico aparente (gr/cm<sup>3</sup>)”
- “Ab : Porcentaje de absorción (%)”
- “W<sub>o</sub> : Peso en el aire de la muestra seca en la mufla (gr).”
- “V<sub>a</sub> : Peso en (gr) o volumen en (cm<sup>3</sup>) del agua añadida al frasco.”
- “V : Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>”

*Figura 14: “Compactación con 25 golpes el agregado en el molde cónico”*



*Figura 15: “Peso del picnómetro con lamuestra”*



### **Tamizado del polietileno tereftalato**

“Debido a la falta de un método para determinar las propiedades del tereftalato de polietileno, cooperamos con el tereftalato de polietileno a través de Net 4”.

*Figura 16: “Imagen del polietileno tereftalato”*



*Figura 17: “Tamizado del polietileno tereftalato, pasante la malla N° 4”*

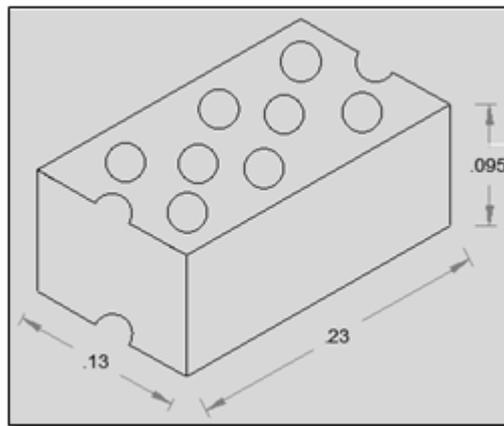


- ❖ **Diseño de mezcla y fabricación de la unidad de albañilería con incorporación de plástico polietileno tereftalato**

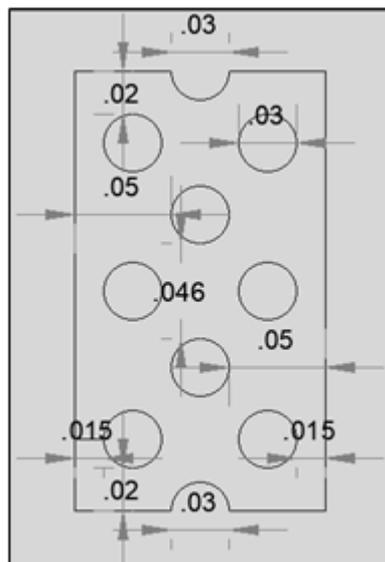
### **Dimensionamiento de la unidad de albañilería**

El tamaño del diseño del ladrillo es de 23x13x9,5 cm, que es el más utilizado en el mercado.

**Figura 18:** "Dimensiones de (longitud, alto, ancho) de la unidad de albañilería"



**Figura 19:** "Diámetros de la parte hueca de la unidad de albañilería"



### **Diseño de mezcla por el método de Walker**

“El diseño de la mezcla se realizó mediante el método Walker, se tomaron en cuenta los datos obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos y la medida del molde para determinar el volumen (23 x 13 x 9,5 cm) que se puede utilizar para realizar la unidad de mampostería”.

### **Procedimiento**

“Para obtener el diseño de la mezcla, primero calcule la resistencia promedio requerida, que es una función de  $F_c$  (la resistencia a la compresión del hormigón utilizado)”.

Utilizamos lo siguiente:

**Tabla 4:** “Resistencia promedio requerida”

<b>F'C(kg/cm2)</b>	<b>F'cr (kg/cm2)</b>
<b>Menos de 210</b>	F'C + 70
<b>210 a 350</b>	F'C + 84
<b>Sobre 350</b>	F'C + 98

**Nota:** “Elección de la resistencia promedio requerida Fuente:(Rivva, 1992)”

- “El diseño de mezcla seleccionado en el trabajo de investigación es un  $F'c=240 \text{ kg/cm}^2$ ”.
- “Se realizó la selección del tamaño máximo nominal del agregado”.
- “Se realizó la selección del asentamiento”.

#### **Consistencia de la mezcla**

**Tabla 5:** “Consistencia de la mezcla”

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento</b>	<b>Trabajabilidad</b>
<b>Seca</b>	<b>0" a 2"</b>	<b>Poco trabajable</b>
<b>Plástica</b>	<b>3" a 4"</b>	<b>Trabajable</b>
<b>Húmeda</b>	<b>&gt; 0 = 5"</b>	<b>Muy trabajable</b>

**Nota:** “Elección del asentamiento de la mezcla Fuente: (Rivva, 1992)”

#### **Diseño de mezclas por el método Walker**

“Requisitos de contenido aproximado de agua y aire mezclados para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos nominales de agregado”.

**Tabla 6: "Tamaño máximo nominal del agregado"**

ASENTAMIENTO	AGUA EN kg/cm <sup>3</sup> DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADAS							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	202	185	180	170	....
9	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>CONCRETO CON AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	181	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	....
<b>Promedio recomendable para el contenido total de aire atrapado(%)</b>	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Nota: "Elección de la cantidad de agua y aire en la mezcla Fuente: (Rivva, 1992)"

- "Se realizó la selección del contenido de aire".
- "Se realizó la selección de la relación agua-cemento (a/c), por resistencia. Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto (resistencia a los 28 días)".

**Tabla 7: "Relación agua-cemento"**

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) f'c	RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	....
400	0.43	....
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

- “Se determinó el factor cemento, el cual se obtiene dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua- cemento”.
- “Se calculó el volumen absoluto de la pasta”.
- “Se determinó el volumen absoluto del agregado fino total”
- “Se determinó el peso seco de la arena”
- “Se realizó la corrección de los valores de diseño por humedad y absorción del agregado fino”. Fuente: (Rivva, 1992).(19)
- “Determinación de las propiedades en peso”
- “Determinación de los pesos de los materiales corregidos: (BOLSA)”
- “Determinación para volumen de un ladrillo”

### **Dosificación utilizada**

“La cantidad de tereftalato de polietileno en la mezcla utilizada para hacer la unidad de mampostería se diseñó reemplazando el cemento con tereftalato de polietileno al 3%, 5% y 10%”.

**Tabla 8:** “Proporción de Polietileno tereftalato en la mezcla de concreto”

<b>Unidad de Albañilería</b>	<b>Proporción de polietileno tereftalato</b>
<b>Muestra 1</b>	Patron (0% PET)
<b>Muestra 2</b>	3% PET
<b>Muestra 3</b>	5% PET
<b>Muestra 4</b>	10% PET

**Nota:** “Muestras de la unidad de albañilería patrón y con incorporación de PET”

Se ha fabricado 10 unidades de mampostería y se obtienen un total de 40 unidades de mampostería, cada muestra se realiza según el ensayo establecido en la normatividad E.070, N.T.P 399.613.

### **Elaboración de las unidades de albañilería**

- “Empezamos a pesar la cantidad de cemento, agregado fino (arena gruesa), tereftalato de polietileno y agua”.

- “Los ingredientes de cada materia prima no contienen tereftalato de polietileno, pero contienen 3%, 5% y 10% de tereftalato de polietileno reciclado en lugar de cemento. Por el método de Walker”.
- “Acomode el agregado fino junto con cemento y tereftalato de polietileno, y mezcle hasta que el agregado esté uniformemente mezclado; agregue agua al agujero en el centro de la mezcla para que el agua empape el material, y luego séquelo, por un lado. cubierto con agua, luego todos los materiales se mezclan uniformemente y se continúa mezclando hasta que la mezcla sea uniforme, consistente y de color uniforme”.
- “Realización de la prueba de medición de sedimentación de la mezcla”.
- “Luego transfiera la cantidad requerida de la mezcla al molde de la máquina para hacer la unidad de mampostería”.
- “La mezcla se vibra y compacta en la máquina unidad de mampostería, y se retira la unidad de mampostería”.
- “La unidad de mampostería se traslada a un lugar limpio y adecuado, donde se coloca y se seca cada muestra”.
- “Cuando los ladrillos muestren solidificación, transpórtelos a solidificación”

### **Curado.**

- Después de 24 horas de fabricar las unidades de mampostería, cada unidad está debidamente marcada y regada.
- La unidad de mampostería se riega 3 veces al día para mantener la unidad completamente húmeda durante 28 días.
- Alcanzan la resistencia final a los 28 días de su elaboración.
- La unidad de mampostería se transporta a un lugar limpio y se prueba en consecuencia.

**Figura 20:** “Maquina para la elaboración de las unidades de albañilería”



**Figura 21:** “Pesos de materiales para la elaboración de la unidad de albañilería”



**Figura 22:** “Materiales de las cuatro muestras para la elaboración de las unidades de albañilería”



**Figura 23:** “Incorporación de polietileno tereftalato y otros materiales en la mezcla”



**Figura 24:** “Verificación del asentamiento (consistencia seca de la mezcla), poco trabajable”



**Figura 25:** “Colocación de la mezcla de concreto en la máquina para el moldeo de la unidad de albañilería”



**Figura 26:** “Unidades de albañilería elaboradas”



**Figura 27:** “Ladrillo de concreto con incorporación de polietileno”



❖ **Propiedades físicas**

✓ **Variación dimensional (NTP 399.613)**

“Se medirá y registrará, el ancho (A), la altura (H) y la longitud (L) de cada unidad de albañilería”.

**Figura 28:** “Formula para hallar la variación dimensional de la unidad de albañilería”

$$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$$

Dónde:

- ✓ “V : Variabilidad dimensional (%)”.
- ✓ “ME : Medida especificada por el fabricante (mm)”.
- ✓ “MP : Medida promedio (mm)”.

**Procedimiento**

“La precisión de medición del largo, ancho y alto de cada muestra es de 1 mm. Cada valor medido es el promedio de cuatro valores medidos entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara”.

**Figura 29:** “Medición de longitud, alto, ancho de la unidad de albañilería”



### **Alabeo (NTP 399.613)**

“La deformación se muestra como cóncava o convexa. Encuentre la deformación de la curva en las superficies superior e inferior del ladrillo. El procedimiento para cada muestra se describe en detalle a continuación”.

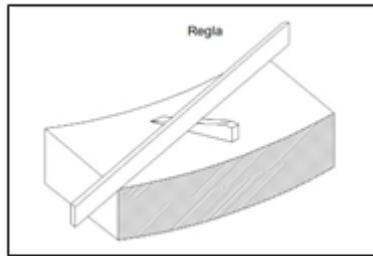
#### **Procedimiento:**

- ✓ “Primero use un cepillo para quitar el polvo adherido a la muestra”.
- ✓ “Coloque cada ladrillo sobre una superficie plana, coloque una regla de metal en la superficie del asiento de la unidad, conecte ambos extremos de la diagonal para determinar si es cóncava o convexa y mida con una cuña con una escala de hasta milímetros. Zona de deformación”.

#### **Medición de concavidad:**

“Para esta medida, coloque el borde recto de la regla en la diagonal de una de las caras principales (superior e inferior) del ladrillo. Luego continúe introduciendo la cuña en el punto correspondiente a la flecha más grande. La precisión de registro del valor medido es de 1 mm”

**Figura 30:** “Concavidad de la unidad de albañilería”



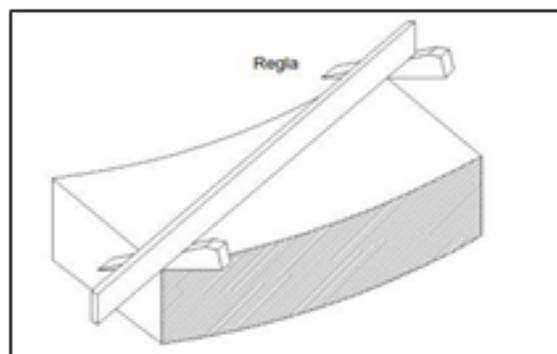
**Figura 31:** “Medición de concavidad”



### **Medición de convexidad:**

“Para esta medida, el borde recto de la regla se coloca en la diagonal o dos bordes opuestos de la cara principal (superior e inferior) del ladrillo. Luego se introduce una cuña en cada vértice, se ubica el punto de apoyo regular en la diagonal y se obtiene el mismo valor de medida en las dos cuñas”.

**Figura 32:** “Convexidad de la unidad de albañilería”



**Figura 33:** “Medición de convexidad”



### **Absorción (NTP 399.613.2005)**

“Esta prueba nos proporciona la capacidad de absorber el agua en los poros de la unidad de mampostería”.

### **Procedimiento**

- ✓ “La unidad de mampostería se seca primero en un horno ventilado a 110°C a 115°C durante 24 horas”.
- ✓ “Después de sacar del horno, enfriar la muestra”.
- ✓ “Luego pese cada unidad de mampostería”.
- ✓ “Sumerja parcialmente la unidad de mampostería de prueba en agua limpia entre 15,5 ° C y 30 ° C durante 24 horas”.
- ✓ “Retire la unidad de mampostería y limpie el agua de la superficie con una franela o un paño”.
- ✓ “Teniendo en cuenta que no más de cinco minutos después de ser sacados del agua, se pesan todas las unidades de mampostería”.
- ✓ “El cálculo de la absorción es el siguiente:

**Figura 34:** “Formula para hallar la absorción”

$$A(\%) = \frac{(P3-P1)}{P1} \times 100$$

**Donde:**

- ✓ “A= Absorción (%)”
- ✓ “P2= Peso saturado del ladrillo P1= Peso seco del ladrillo”

*Figura 35: “Secado del ladrillo en el horno por 24 horas”*



*Figura 36: “Ladrillo sumergido por 24 horas”*



*Figura 37: “Peso del ladrillo sumergido 24 horas”*



## ❖ **Propiedades mecánicas**

### ✓ **Resistencia a la compresión (NTP 399.613)**

“Para esta prueba, el procedimiento que se sigue es aplicar una carga de compresión progresiva a cada unidad de mampostería para determinar su resistencia máxima permitida”.

*Figura 38: “Equipo para el ensayo de resistencia a la compresión”*



## **Procedimiento**

### **Preparación de cada muestra**

- ✓ “La superficie del ladrillo está respaldada por yeso-cemento (demonio poderoso)”.
- ✓ “Las superficies superior e inferior de los ladrillos se cubren con una fina capa de mortero y lechada, y se esparcen hasta obtener una superficie plana y uniforme”.
- ✓ “Repita el procedimiento para todas las unidades de mampostería a probar”.
- ✓ “Después de la aprobación, espere 24 horas para la prueba de resistencia a la compresión”.

**Figura 39:** “Refrendado de las muestras”



- ✓ “Elegir ladrillos de hormigón después de 28 días de fabricación y curado”.
- ✓ “Registrado el valor medido del tamaño de la unidad de mampostería”.
- ✓ “Coloque la unidad de mampostería en el compresor y verifique si está en el centro del soporte superior”.
- ✓ “Centrar la muestra con las placas inferior y superior en el dispositivo.
- ✓ “Ajustar la prensa”.
- ✓ “Aplicar la carga de la máquina para mover el cabezal móvil de manera uniforme, de modo que la carga restante se aplique a una velocidad uniforme durante no menos de 1 minuto y no más de 2 minutos”.
- ✓ “Registre la carga de compresión máxima en Newton como Pmax”.
- ✓ “La resistencia a la compresión se calcula mediante la siguiente fórmula”

**Figura 40:** “Formula para hallar le resistencia a la compresión”

$$MPa = \frac{P_{\text{máx}}}{A_n}$$

**Siendo:**

- ✓ “MPa = Resistencia a la compresión del espécimen”
- ✓ “Pmáx = Carga de compresión máxima”.
- ✓ “An = Área de la sección de la unidad de albañilería”

**La superficie An se calculó por la ecuación siguiente:**

- ✓ “An=A x L”

**Siendo:**

- ✓ “A = ancho de la unidad de albañilería”
- ✓ “L= largo de la unidad de albañilería”

**Figura 41:** “Ensayo de resistencia a la compresión”



**Fase de análisis de datos (gabinete)**

Proceso de la información

- “Análisis granulométrico del agregado fino”

**Tabla 9:** “Datos granulométrico del agregado fino”

DATOS DE LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO	
Tamiz	Abertura (mm)
3/8"	9.5
N°4	4.75
N°8	2.36
N°16	1.18
N°30	0.59
N°50	0.3
N°100	0.15
FONDO	0

**Tabla 10:** “Formato de la granulometría del agregado fino”

Tamiz	Abertura (mm)	GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO					
		Material retenido			%Muestra que Pasa.	Especif.	
		Peso Ret.	%Ret.	%Ret Acum.		min. %	max %
3/8"	9.5						
N°4	4.75						
N°8	2.36						
N°16	1.18						
N°30	0.59						
N°50	0.3						
N°100	0.15						
FONDO	0						

**Nota:** “Formato para registrar los datos de la granulometría del agregado fino  
Fuente: N.T.P400.012, 2017”

- “Caracterización del agregado fino”

**Tabla 11:** “Formato de las características del agregado fino”

CARACTERISTICAS	A. FINO
Peso Unitario Suelto Seco-PUSS	
Peso Unitario Compactado Seco-PUCS	
Peso Específico de Masa	
Modulo de Finura	
Contenido de Humedad	
Porcentaje de absorción	
Tamaño Maximo nominal	

**Nota:** “Formato para registrar datos de  
caracterización del agregado fino Fuente:  
Elaboración propia”

### Diseño de mezcla y fabricación de la unidad de albañilería con plástico polietileno tereftalato

- Valores de diseño (para 1 m<sup>3</sup> de concreto)
  - ✓ “Cemento = 394.23 Kg = 9.28 bolsas “
  - ✓ “Agua de diseño = 205.00 Lts”
  - ✓ “A. Fino Seco = 1516.00 Kg”
- “Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción de agregado fino”.

### Corrección por humedad

- ✓ “A. Fino Seco = 1572.22 Kg/m<sup>3</sup>”
- ✓ “Agua efectiva = 274.49 Lt/m<sup>3</sup>”
- ✓ “Cemento =394.23 Kg/m<sup>3</sup>”
- “Determinación de las propiedades en peso”:
  - ✓ C:1kg Agreg:3.99kg Agua: 0.70
- “Determinación de los pesos de los materiales corregidos”: (Bolsa)

<b>Cemento</b>	:	1x42.5=	42.5	Kg/bolsa
<b>Agua efectiva:</b>		0.7x42.5=	29.75	Lt/bolsa
<b>Agregado fino:</b>		3.99x42.5=	169.58	kg/bolsa

### ❖ Dosificación de la unidad de albañilería con incorporación de polietileno tereftalato para cada muestra

- “Determinación para volumen de la unidad de albañilería Volumen de una unidad de albañilería”

Para un molde:  $0.230 * 0.095 * 0.130 = 0.0028405 \text{ m}^3$

<b>Área c.</b>	=	$3.1416 * 0.015 * 0.015 * 0.095$	=	$8.6253E-05 \text{ m}^3$
<b>Área T.c.</b>	=	$8.6253E-05 * 9$	=	$0.00077627 \text{ m}^3$
<b>Área neta</b>	=	$0.0028405 - 0.00077627$	=	$0.00206423 \text{ m}^3$

- “Dosificación para 10 unidades de albañilería patrón”
  - ✓ “A. Fino Seco = 32.50 Kg”
  - ✓ “Agua efectiva = 5.70 Lt”
  - ✓ “Cemento =8.10 Kg”
- “Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% de polietileno tereftalato”
  - ✓ “A. Fino Seco = 32.50 Kg”
  - ✓ “Agua efectiva = 5.70 Lt”
  - ✓ “Cemento =7.90 Kg”
  - ✓ “PET =0.24 Kg”
- “Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 5% de polietileno tereftalato”
  - ✓ “A. Fino Seco = 32.50 Kg”

- ✓ “Agua efectiva = 5.70 Lt”
- ✓ “Cemento =7.70 Kg”
- ✓ “PET =0.41 Kg”
- “Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET”
  - ✓ “A. Fino Seco = 32.50 Kg”
  - ✓ “Agua efectiva = 5.70 Lt”
  - ✓ “Cemento =7.30 Kg”
  - ✓ “PET =0.81 Kg”

### Propiedades físicas

#### ❖ Ensayo de variación dimensional

“Para esta prueba, se midieron 10 unidades de mampostería completa y seca (ancho, largo y alto) para cada muestra de mampostería (estándar, 3%, 5%, 10% PET)”.

- Unidad de albañilería patrón

**Tabla 12:** “Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras (patrón)”

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PATRON					
Largo		Altura		Ancho	
Resultados de unidades		Resultados de unidades		Resultados de unidades	
Muestra 1	L prom.	Muestra 1	H prom.	Muestra 1	A prom.
M-01		M-01		M-01	
⋮		⋮		⋮	
M-10		M-10		M-10	

- Unidad de albañilería con incorporación de 3 % de PET

**Tabla 13:** “Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras (3% PET)”

UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 3 % DE PET					
Largo		Altura		Ancho	
Resultados de unidades		Resultados de unidades		Resultados de unidades	
Muestra 2	L prom.	Muestra 2	H prom.	Muestra 2	A prom.
M-01		M-01		M-01	
⋮		⋮		⋮	
M-10		M-10		M-10	

**Nota:** “Medición de dimensiones de 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET”

- Unidad de albañilería con incorporación de 5 % de PET

**Tabla 14:** “Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras 5% PET)”

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 5 % DE PET					
Largo		Altura		Ancho	
Resultados de unidades		Resultados de unidades		Resultados de unidades	
Muestra 3	L prom.	Muestra 3	H prom.	Muestra 3	A prom.
M-01		M-01		M-01	
.		.		.	
.		.		.	
M-10		M-10		M-10	

**Nota:** “Medición de dimensiones de 10 unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET”

**Tabla 15:** “Formato para datos de medición de longitud, alto y ancho de las muestras 10% PET)”

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 10 % DE PET					
Largo		Altura		Ancho	
Resultados de unidades		Resultados de unidades		Resultados de unidades	
Muestra 4	L prom.	Muestra 4	H prom.	Muestra 4	A prom.
M-01		M-01		M-01	
.		.		.	
.		.		.	
M-10		M-10		M-10	

**Nota:** “Medición de dimensiones de 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% de PET”

#### ❖ Ensayo de alabeo

“Para esta prueba, se midieron las superficies superior e inferior de 10 unidades de mampostería seleccionadas para cada muestra (estándar, 3%, 5%, 10% de PET) para determinar las irregularidades”.

- Unidad de albañilería patrón

**Tabla 16:** “Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería patrón”.

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PATRON						
Muestra 1	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA	CARA	PROM.	CARA	CARA	PROM.
	SUP. (mm)	INF. (mm)	(mm)	SUP. (mm)	INF. (mm)	(mm)

**M-01**

**M-10**

---

**Nota:** “Medición de concavidad y convexidad de 10 unidades de albañilería patrón“

- Unidad de albañilería con incorporación de 3% de PET

**Tabla 17:** “Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET”.

UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 3 % DE PET						
Muestra2	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA	CARA	PROM.	CARA	CARA	PROM.
	SUPER. (mm)	INFER. (mm)	(mm)	SUPER. (mm)	INFER. (mm)	(mm)

**M-01**

.

.

**M-10**

---

**Nota:** “Medición de concavidad y convexidad de 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET”

- Unidad de albañilería con incorporación de 5% de PET

**Tabla 18:** “Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET”.

<b>UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 5 % DE PET</b>						
Muestra <sup>3</sup>	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA</b>	<b>CARA</b>	<b>PROM.</b>	<b>CARA</b>	<b>CARA</b>	<b>PROM.</b>
	<b>SUPER.</b>	<b>INFER.</b>	<b>(mm)</b>	<b>SUPER.</b>	<b>INFER.</b>	<b>(mm)</b>
	<b>(mm)</b>	<b>(mm)</b>		<b>(mm)</b>	<b>(mm)</b>	
<b>M-01</b>						
<b>M-10</b>						

**Nota:** “Medición de concavidad y convexidad de 10 unidad de albañilería con incorporación de 5% de PET”

- Unidad de albañilería con incorporación de 10% de PET

**Tabla 19:** Formato para datos de medición del alabeo de la cara superior e inferior de 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET.

<b>UND. DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 10% DE PET</b>						
Muestra <sup>4</sup>	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA</b>	<b>CARA</b>	<b>PROM.</b>	<b>CARA</b>	<b>CARA</b>	<b>PROM.</b>
	<b>SUPER.</b>	<b>INFER.</b>	<b>(mm)</b>	<b>SUPER.</b>	<b>INFER.</b>	<b>(mm)</b>
	<b>(mm)</b>	<b>(mm)</b>		<b>(mm)</b>	<b>(mm)</b>	
<b>M-01</b>						
<b>M-10</b>						

**Nota:** “Medición de concavidad y convexidad de 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% de PET”

#### ❖ Ensayo de absorción

Se realizó la prueba en 5 unidades de mampostería considerándose las siguientes adiciones (estándar, 3%, 5%, 10% PET).

- Unidad de albañilería patrón

**Tabla 20:** “Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería patrón”.

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PATRON			
MUESTRA	PESO (KG)	PESO (KG)	ABSORCION
1	SECO	24H sat.	%
M-1			
.			
.			
M-5			

- Unidad de albañilería con incorporación de 3% de PET

**Tabla 21:** “Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET”

UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 3% DE PET			
MUESTRA	PESO (KG)	PESO (KG)	ABSORCION
2	SECO	24H sat.	%
M-1			
.			
.			
M-5			

**Nota:** “Determinación del porcentaje de absorción de las unidades dealbañilería patrón con incorporación de 3% de PET”

- Unidad de albañilería con incorporación de 5% de PET

**Tabla 22:** “Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET”

UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 5% DE PET			
MUESTRA	PESO (KG)	PESO (KG)	ABSORCION %
3	SECO	24H sat.	

M-1

.

.

M-5

---

**Nota:** “Determinación del porcentaje de absorción de las unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET”

- Unidad de albañilería con incorporación de 10% de PET

**Tabla 23:** “Formato para determinar la absorción de 5 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET”

UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 10% DE PET			
MUESTRA	PESO (KG)	PESO (KG)	ABSORCION %
4	SECO	24H sat.	

M-1

.

.

M-5

### Propiedades mecánicas

#### ❖ Ensayo de resistencia a la compresión

“Para la prueba de resistencia a la compresión, cada muestra de mampostería (estándar, 3%, 5%, 10% PET) obtuvo 5 unidades de mampostería sin fisuras”.

- Unidad de albañilería patrón

**Tabla 24:** “Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería patrón”

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PATRON						
MUESTRA	Ancho	Largo	AREA	AREA	Pu (kg)	f'b
1	promedio	promedio	cm2	NETA cm2		(kg/cm2)

M-1

.

.

M-5

**Nota:** “Determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería patrón Fuente:elaboración propia”.

- Unidad de albañilería con incorporación de 3% de PET

**Tabla 25:** “Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET”

#### UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 3% DE PET

UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 3 % DE PET						
Muestra2	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUPER. (mm)	CARA INFER. (mm)	PROM. (mm)	CARA SUPER. (mm)	CARA INFER. (mm)	PROM. (mm)

M-1

.

.

M-5

**Nota:** “Determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 3% PET”

- Unidad de albañilería con incorporación de 5% de PET

**Tabla 26:** “Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET”

UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 5 % DE PET						
MUESTRA3	Ancho	Largo	AREA	AREA	Pu (kg)	f'b
	promedio	promedio	cm2	NETA cm2		(kg/cm2)

M-1

.

.

M-5

**Nota:** “Determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 5% PET”

- Unidad de albañilería con incorporación de 10% de PET

**Tabla 27:** “Formato para determinar la resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET”

UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 5 % DE PET						
MUESTRA4	Ancho promedio	Largo promedio	AREA cm2	AREA NETA cm2	Pu (kg)	f'b (kg/cm2)
M-1	.	.				
M-5						

**Nota:** “Determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 10% PET”

### Elaboración de informe de investigación

“Luego de completar cada una de las etapas anteriores y formular los objetivos propuestos de la investigación, se elaboró el informe final, en el cual se establecieron en la investigación la secuencia adecuada y todos los detalles importantes relacionados con la investigación”.

### 3.8. Técnicas y análisis de datos

Corresponde a las técnicas utilizadas para la toma de datos, así como se realizó el análisis de estos, en ese sentido tenemos:

- **Observación.** – “Utilizamos esta técnica para obtener el mayor número de datos, tomar información y registrarla para su posterior evaluación. Según Raúl Tafur Portilla (1995, p.214) en la tesis universitaria afirma. La observación es una técnica de recopilación de datos semi primaria, ésta permite el logro de la información en la circunstancia en que ocurren los hechos”, coincidiendo con la propuesta planteada”.
- **Hoja de cálculo:** “Permitió generar hojas de cálculos, gráficos estadísticos, cuadros comparativos, con los datos importados de campo, obteniendo resultados específicos, así mismo realizar el análisis de la data de campo”.
- **S10:** “Permitió realizar el presupuesto de la propuesta planteada por parte del investigador con el fin de recuperar los niveles de servicio de la infraestructura vial que se está evaluando, así mismo obtener el análisis de costos unitarios y los insumos o recursos a usarse”.
- **Microsoft Word:** “Permitió la elaboración de la parte descriptiva de los los datos procesados, sistematización e interpretación de los resultados obtenidos de campo para posterior comparativo para cada método investigado”.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Resultado general

“El resultado de medir las propiedades físicas y mecánicas (cambio de dimensión, deformación, absorción y resistencia a la compresión) de cada muestra de unidad de mampostería (estándar, 3%, 5%, 10% PET) de la unidad de mampostería”.

#### Propiedades físicas-mecánicas

##### ❖ Ensayo de variación dimensional

“Para obtener la cantidad de polietileno y su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de mampostería de concreto, se midieron los cambios dimensionales de longitud, ancho y altura de 5 unidades de mampostería en cada muestra (estándar, 3%), 5%, PET al 10%)”.

**Tabla 28:** “Resultados del promedio y porcentaje de variación dimensional de cada muestra de unidad de albañilería”

Muestra	Variación dimensional						Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
	L (mm)	l (%)	H (mm)	h (%)	A (mm)	a (%)	
Und. alb. patrón	230.63	-0.27	96.88	-1.97	130.25	-0.19	Clase: V
3%PET	229.90	0.04	97.75	-2.89	129.90	0.08	Clase: V
5%PET	229.75	0.11	96.68	-1.76	129.85	0.12	Clase: V
10%PET	230.33	-0.14	97.45	-2.58	130.30	-0.23	Clase: V

**Nota:** “La variación dimensional de las unidades de albañilería es mínima, debido a que se trabajó con un mismo molde para la fabricación de todas las unidades, cumplen con los requisitos de la norma E.070, obteniendo una unidad de albañilería clase V, Fuente: elaboración propia”.

❖ **Ensayo de alabeo**

“Para obtener los resultados de la incorporación de tereftalato de polietileno y su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de mampostería de concreto, se ensayaron 5 unidades de mampostería por cada muestra (estándar, 3%, 5% y 10% PET). deformación del elemento de volumen”.

**Tabla 29:** “Resultados de alabeo de unidades de cada muestra de unidad de albañilería”

Muestra	Alabeo		Alabeo (mm)	Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD		
<b>Und. alb. patrón</b>	0.40	0.70	<b>0.70</b>	Clase: V
<b>3%PET.</b>	0.90	0.60	<b>0.90</b>	Clase: V
<b>5%PET.</b>	0.65	0.45	<b>0.65</b>	Clase: V
<b>10%PET.</b>	0.95	0.75	<b>0.95</b>	Clase: V

**Nota:** “El alabeo de las unidades de albañilería, tanto cóncavo y convexo es de un mínimo valor de 0.65 mm a 0.95 mm, obteniendo una unidad de albañilería clase V, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia”.

**Figura 42:** “Resultado del ensayo de alabeo de las muestras de las unidades de albañilería”



### ❖ Ensayo de absorción

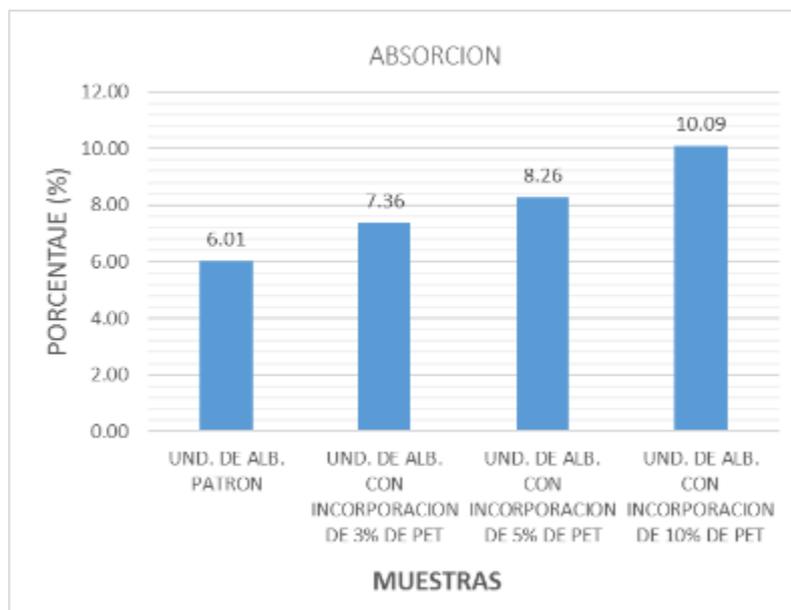
“Para obtener los resultados de la incorporación de tereftalato de polietileno y su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de mampostería de concreto, se determinó la absorción de 5 unidades de mampostería por cada muestra. (patrón, 3%, 5%, 10%PET)”.

**Tabla 30:** “Absorción de cada muestra de unidad de albañilería”

Absorción	
MUESTRA	ABSORCION %
Und. alb. Patrón	6.01
3%PET.	7.36
5%PET.	8.26
10%PET.	10.09

**Nota:** “La absorción de las unidades de albañilería es menor al 12%, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia”.

**Figura 43:** “Resultado del ensayo de absorción de todas las muestras de las unidades de albañilería”



❖ **Ensayo de resistencia a la compresión**

“Para obtener los resultados de la incorporación de tereftalato de polietileno y su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de mampostería de concreto, se midió la resistencia a la compresión de 5 unidades de mampostería por cada muestra. (patrón, 3%, 5%, 10%PET)”.

**Tabla 31:** “Resultados de resistencia a la compresión de unidades de albañilería”

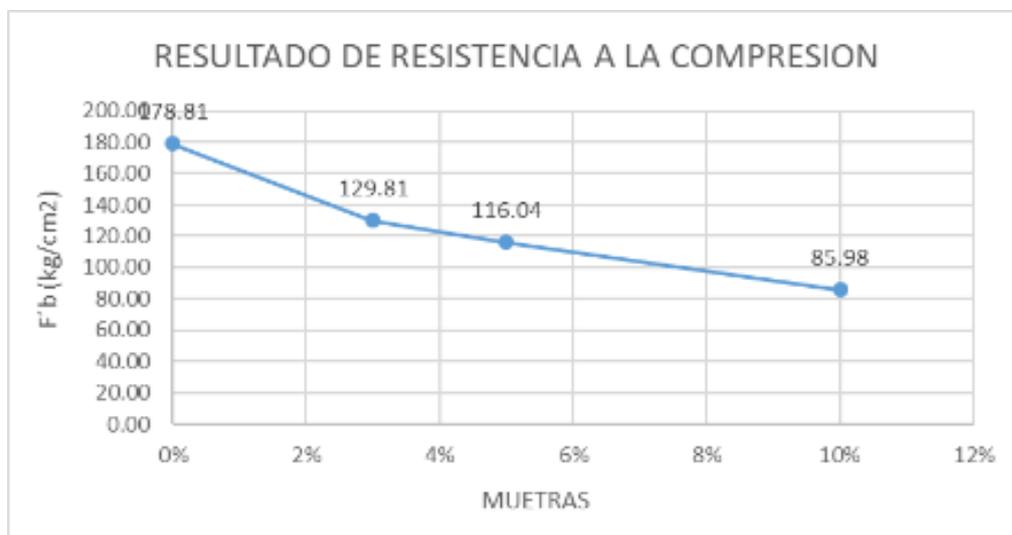
Ensayo de Resistencia a la compresión (Unidades de albañilería patrón)		Clasificación para fines estructurales
Muestra	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	
<b>Und. de alb. Patrón</b>	178.81	Clase: IV
<b>3% PET</b>	129.81	Clase: III
<b>5% PET</b>	116.04	Clase: III
<b>10%PET</b>	85.98	Clase: III

**Nota:** “La resistencia a compresión que ofrecen todas las muestras de unidades de albañilería cumplen con los parámetros establecidos en la norma E.070, pero se observa mayor resistencia en la unidad de albañilería patrón Fuente: elaboración propia”.

**Figura 44:** “Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de todas las muestras de las unidades de albañilería”.



**Figura 45:** “Resultado: unidad de albañilería patrón ( $F_b=178.81 \text{ Kg/cm}^2$ ), con incorporación de 3% de PET ( $F_b=129.81 \text{ Kg/cm}^2$ ), con incorporación de 5% de PET ( $F_b=116.04 \text{ Kg/cm}^2$ ), con incorporación de 10% de PET un ( $F_b=85.98 \text{ Kg/cm}^2$ ), observando que a medida que se aumenta la incorporación de PET, la resistencia va disminuyendo”.



**Tabla 32:** “Clasificación de cada una de las muestras de unidades de albañilería (patrón, 3%, 5%, 10% PET)”

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES				
CLASIFICACION DE ACUERDO A LOS				
MUESTRA	ENSAYOS DE:			Clasificación final
	Variación de la dimensión	Alabeo	Resistencia característica a compresión	
UND.ALB PATRON	V	V	IV	IV
UND. ALB 3% PET	V	V	III	III
UND. ALB. 5% PET	V	V	III	III
UND. ALB. 10% PET	V	V	II	II

**Nota:** “De la tabla se determina que la incorporación de polietileno tereftalato en el diseño de mezcla del concreto afecta principalmente a la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, la unidad dealbañilería patrón es clase IV, y las unidades de albañilería con incorporación de PET es clase III y III y II respectivamente”

“El resultado de las propiedades físicas y mecánicas es que los cambios dimensionales proporcionados por todas las unidades de mampostería muestran efectos positivos mínimos de cambios en longitud, ancho y altura (patrón l: -0,27%, h: -1,97%, a: -0,19%) (3% PET l: 0.04%, h: -2.89%, a: 0.08%) (5% PET l: 0.11%, h: -1.76%, a: 0.12%) (10% PET l: -0.14%, h: -2,58%, a: -0,23%), la deformación media es de 0,65-0,95 mm, lo que tiene un efecto positivo en la superficie irregular (superior e inferior). La tasa de absorción de agua no supera el 12%, mostrando un efecto positivo. La capacidad de absorción de agua de la unidad de mampostería con el porcentaje de polietileno es mayor, y el valor promedio es (estándar: 6.01%, 3% PET: 7.36%, 5% PET): 8,26%, 10% PET: 10,09%). En cuanto a la resistencia a la compresión, con el aumento del porcentaje de polietileno, se aprecia la disminución de la resistencia. El valor promedio de la unidad estándar de albañilería es ( $F'_{b} = 178.81 \text{ kg / cm}^2$ ). 3% PET ( $F'_{b} = 129.81 \text{ kg / cm}^2$ ), agregar 5% PET ( $F'_{b} = 116.04 \text{ kg / cm}^2$ ), agregar 10% PET ( $F'_{b} = 85.98 \text{ kg / cm}^2$ ), determinar la reducción de resistencia Los resultados se observan como el porcentaje de tereftalato de polietileno aumenta, pero debe tenerse en cuenta que las propiedades físicas y mecánicas están dentro y cumplen con los parámetros especificados en la norma técnica E.070”.

#### **4.2 Resultados específicos**

**a) Clasificación, según la dosificación de polietileno tereftalato de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto.**

##### **❖ Análisis granulométrico**

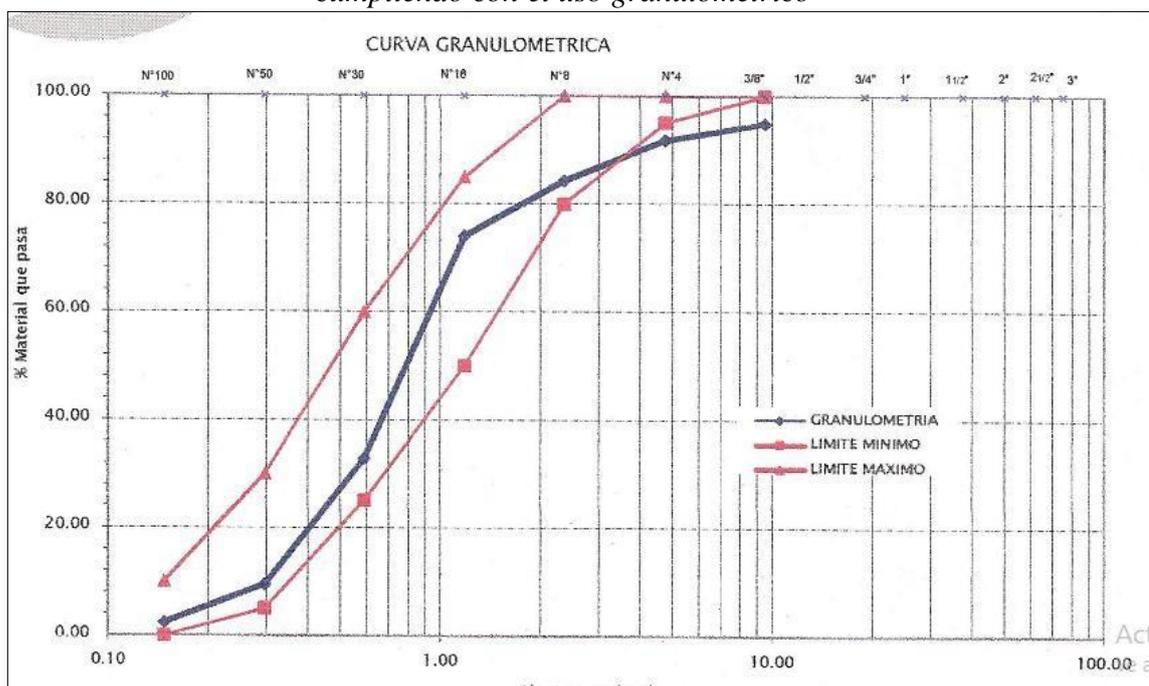
“El resultado de la prueba de análisis de tamaño de partículas se determina en el laboratorio y su valor se ajusta a la norma establecida en NTP 400.012.2013”.

**Tabla 33:** “Resultados del análisis granulométrico del agregado fino N.T.P 400.012.2013”

		GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO					
Tamiz	Abertura (mm)	Material retenido			%Muestra que Pasa.	Especif.	
		Peso Ret.	%Ret.	%Ret Acum		min. %	max %
3/8"	9.50	65.30	5.09	5.09	94.91	100	100
N°4	4.75	40.30	3.14	8.24	91.76	95	100
N°8	2.36	95.70	7.47	15.70	84.30	80	100
N°16	1.18	131.20	10.23	25.94	74.06	50	85
N°30	0.59	528.90	41.26	67.20	32.80	25	60
N°50	0.3	298.90	23.32	90.51	9.49	5	30
N°100	0.15	90.80	7.08	97.60	2.40	0	10
FONDO	0	30.80	2.40	100.00	-	-	-
TOTAL		1281.90	100.00				

**Nota:** “En la tabla se obtiene como dato que el tamaño máximo nominal del agregado fino es elde 3/8” “

**Figura 46:** “Curva granulométrica del agregado fino, se observa que la curva granulométrica se encuentra comprendida dentro del límite mínimo y máximo, cumpliendo con el uso granulométrico”



### ❖ Caracterización del agregado fino

“La siguiente tabla resume las propiedades de los agregados finos determinadas en laboratorio, y sus valores cumplen con los estándares establecidos en N.T.P 400.037”.

**Tabla 34: “Resumen de las características del agregado fino”**

CARACTERISTICAS	A. FINO
Peso Unitario Suelto Seco-PUSS	1547
Peso Unitario Compactado Seco-PUCS	1786
Peso Específico de Masa	2.44
Modulo de Finura	3.10
Contenido de Humedad	0.68
Porcentaje de absorcion	5.13
Tamaño maximo nominal	3/8"

**Nota:** “En la tabla se presenta el resumen de las características del agregado fino, datos obtenidos de los ensayos al agregado fino en ellaboratorio según la N.T.P 400.037.2014”

❖ **Diseño de mezcla del concreto**

“El diseño de proporción de mezcla de concreto adopta el método Walker, y la proporción de cemento se reemplaza por 3%, 5% y 10% de polietileno, respectivamente”.

**Diseño de mezcla por resistencia  $F'c=240$ , (incorporación de 3% de PET)**

**Tabla 35: “Diseño de mezcla con incorporación de 3% de PET”**

DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO DE WALKER (UNIDAD DE ALBAÑILERIA CON 3% PET)		
CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES		
CARACTERISTICAS	ARENA	
Peso unitario suelto	1547	kg/m3
Peso unitario compactado	1786	kg/m3
Peso específico de masa	2.44	kg/m3
Absorción	5.13	%
Contenido de humedad	0.68	%
Tamaño máximo nominal	3/8"	
Modulo de finura	3.10	
Peso específico de masa	CEMENTO	AGUA
	3.15 kg/m3	1000 kg/m3
<b>1°</b>	<b>Resistencia promedio requerida</b>	
	$Fcr=240+84 =324 \text{ kg/cm}^2$	
<b>2°</b>	<b>Selección de los asentamientos</b>	
	Consistencia seca	Slump: 0" a 2"
<b>3°</b>	<b>Selección del tamaño máximo de los agregados</b>	
	T.M: 3/8"	
<b>4°</b>	<b>Estimación del agua de mezclado y contenido de aire</b>	
	Agua: 205	Aire: 3%
<b>5°</b>	<b>Selección de la relación agua-cemento (a/c)-Resistencia</b>	
	a/c: 0.52	

<b>6°</b>	<b>Calculo de contenido de cemento</b>	
	Vol. Unitario: 205 lts/m <sup>3</sup>	Relación a-c:0.52
	Factor cemento: 394.23 kg/m <sup>3</sup>	Bols. Cemento: 9.28 bolsas
<b>7°</b>	<b>Calculo del volumen absoluto de la pasta</b>	
	Cemento: 394.23/(3.15x1000) =0.125	
	Agua: 205/(1x1000) = 0.205	
	Aire: 3%/100% =0.003	
	SUMA = 0.360	

<b>Ensayo de Resistencia a la compresión (Unid. de albañilería con 3% PET)</b>		<b>Clasificación</b>
<b>Muestra</b>	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>Unid de albañilería.3% PET</b>	129.81	Clase: III

**Nota:** “El diseño de mezcla para la unidad de albañilería de concreto con incorporación de 3% de PET, se realizó utilizando los valores obtenidos de los ensayos al agregado fino, se realizó el reemplazo porcentual de cemento por 3% de polietileno tereftalato, se obtuvo una unidad de albañilería clase III, según los parámetros establecidos en la norma E.070”

### **Diseño de mezcla por resistencia $F'c=240$ , (unidad de albañilería con incorporación de 5% de PET)**

*Tabla 36: “Diseño de mezcla con incorporación de 5% de PET”*

<b>DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO DE WALKER (UNIDAD DE ALBAÑILERIA CON 5% PET)</b>		
<b>CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES</b>		
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>ARENA</b>	
Peso unitario suelto	1547	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1786	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2.44	kg/m <sup>3</sup>
Absorción	5.13	%
Contenido de humedad	0.68	%
Tamaño máximo nominal	3/8"	
Modulo de finura	3.10	
Peso específico de masa	<b>CEMENTO</b>	<b>AGUA</b>
	3.15 kg/m <sup>3</sup>	1000 kg/m <sup>3</sup>
<b>1°</b>	<b>Resistencia promedio requerida</b>	
	$F_{cr}=240+84 =324 \text{ kg/cm}^2$	
<b>2°</b>	<b>Selección de los asentamientos</b>	
	Consistencia seca	Slump: 0" a 2"
<b>3°</b>	<b>Selección del tamaño maximo de los agregados</b>	
	T.M: 3/8"	
<b>4°</b>	<b>Estimación del agua de mezclado y contenido de aire</b>	
	Agua: 205	Aire: 3%

<b>5°</b>	<b>Selección de la relación agua-cemento (a/c)- Resistencia</b>
	a/c: 0.52
<b>6°</b>	<b>Calculo de contenido de cemento</b>
	Vol. Unitario: 205 lts/m <sup>3</sup> Relacion a-c:0.52
	Factor cemento: 394.23 kg/m <sup>3</sup> Bols. Cemento: 9.28 bolsas
<b>7°</b>	<b>Calculo del volumen absoluto de la pasta</b>
	Cemento: $394.23/(3.15 \times 1000) = 0.125$
	Agua: $205/(1 \times 1000) = 0.205$
	Aire: $3\%/100\% = 0.003$
	SUMA = 0.360
<b>8°</b>	<b>Calculo del volumen absoluto del agregado fino total</b>
	V. abs. Agreg. = $1 - 0.360 = 0.640$
<b>9°</b>	<b>Calculo del peso seco de la arena</b>
	P. seco arena = $0.640 \times 2.44 \times 1000 = 1516 \text{ kg/m}^3$
<b>10°</b>	<b>Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción de ag. fino</b>
	Peso húmedo ag. Fino = $1561.6 \times (1 + (0.68/100)) = 1572.22$
	Humedad sup. Ag. Fino = $0.68 - 5.13 = -4.45$
	Aporte de humedad ag. fino = $1561.60 \times (-0.0445) = -69.4912$
	Agua efectiva = $205 \text{ lt/m}^3 - (-69.49 \text{ lt/m}^3) = 274.49$
<b>11°</b>	<b>Pesos corregidos de los materiales por m<sup>3</sup></b>
	Cemento: 394.23 Kg/m <sup>3</sup>
	Agua efectiva: 274.49 Lt/m <sup>3</sup>
	Agregado fino: 1572.22 Kg/m <sup>3</sup>
<b>12°</b>	<b>Proporción en peso</b>
	Cemento: 1      Agua: 0.70      Agregado: 3.99

<b>UND. DE ALBAÑILERIA CON (5% PET)</b>		
<b>MATERIALES</b>	<b>DOSIF. 10 UND.</b>	
Cemento	7.70	Kg
Agua	5.70	Lt
Agregado	32.50	Kg
Pet	0.41	Kg

<b>Ensayo de Resistencia a la compresión (Unid. de albañilería con 5% PET)</b>		<b>Clasificación</b>
<b>Muestra</b>	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>Unid. de albañilería con 5% PET</b>	116.04	Clase: III

**Nota:** "El diseño de mezcla de la unidad de albañilería de concreto con incorporación de 5% de polietileno tereftalato, se realizó utilizando los valores obtenidos de los ensayos al agregado fino, se realizó el reemplazo porcentual de cemento por 5% de PET, se obtuvo una clasificación de una und. de alb. clase III, según los parámetros establecidos en la norma E.070"

**Diseño de mezcla por resistencia  $F'c=240$ , (unidad de albañilería con incorporación de 10% de PET)**

*Tabla 37: "Diseño de mezcla con incorporación de 10% de PET"*

<b>DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DE WALKER (UNIDAD DE ALBAÑILERÍA CON 10% PET)</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>ARENA</b>	
Peso unitario suelto	1547	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1786	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2.44	kg/m <sup>3</sup>
Absorción	5.13	%
Contenido de humedad	0.68	%
Tamaño máximo nominal	3/8"	
Modulo de finura	3.10	
<b>Peso específico de masa</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>AGUA</b>
	3.15 kg/m <sup>3</sup>	1000 kg/m <sup>3</sup>
<b>1°</b>	<b>Resistencia promedio requerida</b>	
	$F_{cr}=240+84 =324 \text{ kg/cm}^2$	
<b>2°</b>	<b>Selección de los asentamientos</b>	
	Consistencia seca	Slump: 0" a 2"
<b>3°</b>	<b>Selección del tamaño maximo de los agregados</b>	
	T.M: 3/8"	
<b>4°</b>	<b>Estimación del agua de mezclado y contenido de aire</b>	

<b>UND. DE ALBAÑILERÍA CON (10% PET)</b>		
<b>MATERIALES</b>	<b>DOSIF. 10 UND.</b>	
<b>Cemento</b>	7.30	Kg
<b>Agua</b>	5.70	Lt
<b>Agregado</b>	32.50	Kg
<b>Pet</b>	0.81	Kg

<b>Ensayo de Resistencia a la compresión (Unid. de albañilería con 10% PET)</b>		<b>Clasificación</b>
<b>Muestra</b>	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>Und. de albañilería con 10% PET</b>	85.98	Clase: II

**Nota:** "El diseño de mezcla de la unidad de albañilería de concreto con incorporación de 10% de PET, se realizó utilizando los valores obtenidos de los ensayos al agregado fino, se realizó el reemplazo porcentual de cemento por 10% de PET, se obtuvo una clasificación de unidad de albañilería clase III, según los parámetros establecidos en la norma E.070"

Ensayo de Resistencia a la compresión (Unid. de albañilería patrón)		Clasificación
Muestra	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	
<b>Und. de albañilería patrón</b>	85.98	Clase: IV

“Según el diseño de la relación de mezcla, la cantidad de polietileno es del 3%, 5% y 10%. En el bloque de concreto, la mampostería mezclada con 3% PET se clasifica como Clase III, y la mezcla con 5% PET es un resultado de Clase III y PET al 10% dan resultados de Clase II Todas las clasificaciones están dentro y cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica E.070”.

**b) Resultado de la incorporación de polietileno tereftalato y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto.**

“Con el fin de analizar los resultados de la incorporación de polietileno y su efecto sobre las propiedades físicas (cambio de dimensión, alabeo, absorción) de la unidad de mampostería, se llevó a cabo 28 días después de su cuidadoso diseño según los procedimientos especificados en (NTP 399.613 Norma Técnica Peruana, 2005)”

❖ **Variación dimensional**

“Para cada muestra (patrón, 3%, 5%, 10% PET), se analizó el cambio dimensional de 10 unidades de mampostería y la descripción del cambio dimensional se obtuvo comparando el tamaño real de la unidad (tamaño de fábrica) con su tamaño esperado”.

“La tabla muestra el resultado de la prueba de cambio dimensional de la unidad de mampostería determinada en el laboratorio, y su valor se ajusta a los parámetros establecidos en la norma (NTP 399.613 Norma Técnica Peruana, 2005)”

**Tabla 38:** “Resultados de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de 10 unidades de albañilería de concreto patrón”.

UNIDADES DE ALBAÑILERIA PATRON								
Largo			Altura			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L	V.D	Muestra	H	V.D	Muestra	A	V.D
	prom.			prom.			prom.	
<b>M-01</b>	231.00	-0.43	<b>M-01</b>	95.75	-0.79	<b>M-01</b>	130.25	-0.19
<b>M-02</b>	230.50	-0.22	<b>M-02</b>	96.75	-1.84	<b>M-02</b>	129.75	0.19
<b>M-03</b>	230.25	-0.11	<b>M-03</b>	97.50	-2.63	<b>M-03</b>	130.25	-0.19
<b>M-04</b>	230.50	-0.22	<b>M-04</b>	98.75	-3.95	<b>M-04</b>	129.75	0.19
<b>M-05</b>	230.00	0.00	<b>M-05</b>	96.50	-1.58	<b>M-05</b>	130.50	-0.38
<b>M-06</b>	231.50	-0.65	<b>M-06</b>	95.50	-0.53	<b>M-06</b>	130.75	-0.58
<b>M-07</b>	230.75	-0.33	<b>M-07</b>	96.50	-1.58	<b>M-07</b>	130.75	-0.58
<b>M-08</b>	231.25	-0.54	<b>M-08</b>	96.75	-1.84	<b>M-08</b>	130.25	-0.19

<b>M-09</b>	230.00	0.00	<b>M-09</b>	97.25	-2.37	<b>M-09</b>	130.75	-0.58
<b>M-10</b>	230.50	-0.22	<b>M-10</b>	97.50	-2.63	<b>M-10</b>	129.50	0.38
<b>Promedio</b>	<b>230.63</b>	<b>-0.27</b>	<b>Promedio</b>	<b>96.88</b>	<b>-1.97</b>	<b>Promedio</b>	<b>130.25</b>	<b>-0.19</b>

**Nota:** “El ensayo de variación dimensional para unidades de albañilería patrón fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual cumple con los parámetros establecidos en la norma E.070”

**Tabla 39:** “Resultados de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 3% de PET”.

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 3 % DE PET</b>								
<b>Largo</b>			<b>Altura</b>			<b>Ancho</b>		
<b>Resultados de unidades</b>			<b>Resultados de unidades</b>			<b>Resultados de unidades</b>		
<b>Muestra</b>	<b>L</b>	<b>V.D</b>	<b>Muestra</b>	<b>H</b>	<b>V.D</b>	<b>Muestra</b>	<b>A</b>	<b>V.D</b>
	<b>prom.</b>			<b>prom.</b>			<b>prom.</b>	
<b>M-01</b>	229.75	0.11	<b>M-01</b>	97.25	-2.37	<b>M-01</b>	130.75	-0.58
<b>M-02</b>	230.00	0.00	<b>M-02</b>	98.00	-3.16	<b>M-02</b>	130.25	-0.19
<b>M-03</b>	230.25	-0.11	<b>M-03</b>	98.50	-3.68	<b>M-03</b>	129.25	0.58
<b>M-04</b>	229.50	0.22	<b>M-04</b>	97.25	-2.37	<b>M-04</b>	129.75	0.19
<b>M-05</b>	230.25	-0.11	<b>M-05</b>	97.50	-2.63	<b>M-05</b>	129.50	0.38
<b>M-06</b>	229.75	0.11	<b>M-06</b>	98.25	-3.42	<b>M-06</b>	130.25	-0.19
<b>M-07</b>	230.00	0.00	<b>M-07</b>	98.75	-3.95	<b>M-07</b>	129.75	0.19
<b>M-08</b>	230.25	-0.11	<b>M-08</b>	98.50	-3.68	<b>M-08</b>	130.25	-0.19
<b>M-09</b>	230.00	0.00	<b>M-09</b>	96.25	-1.32	<b>M-09</b>	129.25	0.58
<b>M-10</b>	229.25	0.33	<b>M-10</b>	97.25	-2.37	<b>M-10</b>	130.00	0.00
<b>Promedio</b>	<b>229.90</b>	<b>0.04</b>	<b>Promedio</b>	<b>97.75</b>	<b>-2.89</b>	<b>Promedio</b>	<b>129.90</b>	<b>0.08</b>

**Nota:** “El ensayo de variación dimensional para unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual cumple con los parámetros establecidos en la norma E.070”.

**Tabla 40:** “Resultado de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho), de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 5% de PET”.

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 5 % DE PET</b>								
<b>Largo</b>			<b>Altura</b>			<b>Ancho</b>		
<b>Resultados de unidades</b>			<b>Resultados de unidades</b>			<b>Resultados de unidades</b>		
<b>Muestra</b>	<b>L</b>	<b>V.D</b>	<b>Muestra</b>	<b>H</b>	<b>V.D</b>	<b>Muestra</b>	<b>A</b>	<b>V.D</b>
	<b>prom.</b>			<b>prom.</b>			<b>prom.</b>	
<b>M-01</b>	230.50	-0.22	<b>M-01</b>	96.00	-1.05	<b>M-01</b>	130.00	0.00
<b>M-02</b>	229.50	0.22	<b>M-02</b>	97.00	-2.11	<b>M-02</b>	129.50	0.38
<b>M-03</b>	230.00	0.00	<b>M-03</b>	97.00	-2.11	<b>M-03</b>	130.00	0.00
<b>M-04</b>	229.75	0.11	<b>M-04</b>	97.25	-2.37	<b>M-04</b>	130.50	-0.38
<b>M-05</b>	229.25	0.33	<b>M-05</b>	97.50	-2.63	<b>M-05</b>	129.50	0.38
<b>M-06</b>	229.75	0.11	<b>M-06</b>	96.00	-1.05	<b>M-06</b>	130.00	0.00
<b>M-07</b>	230.00	0.00	<b>M-07</b>	97.75	-2.89	<b>M-07</b>	130.75	-0.58
<b>M-08</b>	230.25	-0.11	<b>M-08</b>	97.25	-2.37	<b>M-08</b>	130.25	-0.19
<b>M-09</b>	229.25	0.33	<b>M-09</b>	95.25	-0.26	<b>M-09</b>	129.00	0.77
<b>M-10</b>	229.25	0.33	<b>M-10</b>	95.75	-0.79	<b>M-10</b>	129.00	0.77
<b>Promedio</b>	<b>229.75</b>	<b>0.11</b>	<b>Promedio</b>	<b>96.68</b>	<b>-1.76</b>	<b>Promedio</b>	<b>129.85</b>	<b>0.12</b>

“Nota: El ensayo de variación dimensional para unidades de albañilería con incorporación de 5 % de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual cumple con los parámetros establecidos en norma E.070”

**Tabla 41:** “Resultados de medición de dimensiones (longitud, altura, ancho) de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 10% de PET”.

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 10 % DE PET								
Largo			Altura			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L	V.D	Muestra	H	V.D	Muestra	A	V.D
	prom.			prom.			prom.	
M-01	230.25	-0.11	M-01	98.50	-3.68	M-01	130.50	-0.38
M-02	230.75	-0.33	M-02	96.50	-1.58	M-02	130.25	-0.19
M-03	230.25	-0.11	M-03	97.75	-2.89	M-03	130.50	-0.38
M-04	230.25	-0.11	M-04	97.00	-2.11	M-04	130.25	-0.19
M-05	229.50	0.22	M-05	98.00	-3.16	M-05	130.50	-0.38
M-06	230.50	-0.22	M-06	96.75	-1.84	M-06	130.75	-0.58
M-07	230.25	-0.11	M-07	97.50	-2.63	M-07	130.50	-0.38
M-08	230.75	-0.33	M-08	97.00	-2.11	M-08	130.00	0.00
M-09	229.75	0.11	M-09	97.50	-2.63	M-09	129.50	0.38
M-10	231.00	-0.43	M-10	98.00	-3.16	M-10	130.25	-0.19
<b>Promedio</b>	<b>230.33</b>	<b>-0.14</b>	<b>Promedio</b>	<b>97.45</b>	<b>-2.58</b>	<b>Promedio</b>	<b>130.30</b>	<b>-0.23</b>

“Nota: El ensayo de variación dimensional para unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual cumple con los parámetros establecidos en norma E.070”.

#### ❖ Alabeo

“Se analizó el alabeo de 10 unidades de mampostería para cada muestra (estándar, PET al 3%, 5%, 10%) y mida el desnivel de cada unidad”.

“La tabla muestra los resultados de la prueba de alabeo de la unidad de mampostería determinada en el laboratorio, y su valor se ajusta a los parámetros establecidos en (NTP 399.613 Norma Técnica Peruana, 2005)”

**Tabla 42:** “Alabeo (cóncavo y convexo) de las unidades de albañilería patrón”.

<b>UND. DE ALBAÑILERÍA PATRON</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>
<b>M-01</b>	1	0	0.5	0	0	0
<b>M-02</b>	1	0	0.5	0	0	0
<b>M-03</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-04</b>	0	0	0	0	0	0
<b>M-05</b>	1	1	1	0	0	0
<b>M-06</b>	0	0	0	4	0	2
<b>M-07</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-08</b>	0	0	0	0	0	0
<b>M-09</b>	0	1	0.5	4	0	2
<b>M-10</b>	3	0	1.5	0	0	0
<b>PROMEDIO (mm)</b>			<b>0.40</b>	<b>PROMEDIO (mm)</b>		<b>0.70</b>

**Nota:** “El ensayo de alabeo para unidades de albañilería patrón fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta un alabeo de 0.70 mm, cumpliendo con los parámetros establecidos en norma E.070”

**Tabla 43:** “Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET”.

<b>UND. DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 3% DE PET</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>
<b>M-01</b>	0	2	1	3	0	1.5
<b>M-02</b>	1	1	1	0	0	0
<b>M-03</b>	1	0	0.5	0	0	0
<b>M-04</b>	1	0	0.5	0	0	0
<b>M-05</b>	0	1	0.5	3	0	1.5
<b>M-06</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-07</b>	3	1	2	0	0	0
<b>M-08</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-09</b>	3	0	1.5	0	0	0
<b>M-10</b>	3	1	2	0	0	0
<b>PROMEDIO (mm)</b>			<b>0.90</b>	<b>PROMEDIO (mm)</b>		<b>0.60</b>

**Nota:** “El ensayo de alabeo para unidades de albañilería con incorporación de 3 % de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta un alabeo de 0.90 mm, cumpliendo con los parámetros establecidos en norma E.070”

**Tabla 44:** “Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET”.

<b>UND. DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 5% DE PET</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>
<b>M-01</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-02</b>	4	0	2	0	0	0
<b>M-03</b>	0	0	0	3	0	1.5
<b>M-04</b>	0	0	0	0	0	0
<b>M-05</b>	4	0	2	0	0	0
<b>M-06</b>	0	0	0	1	0	0.5
<b>M-07</b>	0	0	0	0	0	0
<b>M-08</b>	0	0	0	2	0	1
<b>M-09</b>	3	0	1.5	0	0	0
<b>M-10</b>	2	0	1	0	0	0
<b>PROMEDIO (mm)</b>			<b>0.65</b>	<b>PROMEDIO (mm)</b>		<b>0.45</b>

**Nota:** “El ensayo de alabeo para unidades de albañilería con incorporación de 5 % de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta un alabeo de 0.65 mm, cumpliendo con los parámetros establecidos en norma E.070”

**Tabla 45:** “Alabeo de las unidades de albañilería con incorporación de 10% de PET”.

<b>UND. DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 10% DE PET</b>						
<b>Muestra</b>	<b>CONCAVIDAD</b>			<b>CONVEXIDAD</b>		
	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>	<b>CARA SUP. (mm)</b>	<b>CARA INF. (mm)</b>	<b>PROM. (mm)</b>
<b>M-01</b>	0	1	0.5	4	0	2
<b>M-02</b>	1	0	0.5	0	0	0
<b>M-03</b>	0	0	0	1	0	0.5
<b>M-04</b>	2	0	1	0	0	0
<b>M-05</b>	0	0	0	5	0	2.5
<b>M-06</b>	0	1	0.5	5	0	2.5
<b>M-07</b>	5	1	3	0	0	0
<b>M-08</b>	4	1	2.5	0	0	0
<b>M-09</b>	3	0	1.5	0	0	0
<b>M-10</b>	0	0	0	0	0	0
<b>PROMEDIO (mm)</b>			<b>0.95</b>	<b>PROMEDIO (mm)</b>		<b>0.75</b>

**Nota:** “El ensayo de alabeo para unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presentan un alabeo de 0.95 mm, cumpliendo con los parámetros establecidos en norma E.070”

❖ **Absorción**

“Se analizó la absorción de 5 unidades de mampostería para cada muestra (estándar, 3%, 5%, 10% PET)”.

**Tabla 46:** “Absorción de las unidades de albañilería de concreto patrón”.

<b>UNIDAD DE ALBAÑILERIA PATRON</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>		<b>ABSORCION %</b>
	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	
<b>M-1</b>	3.90	4.13	5.90
<b>M-2</b>	3.95	4.18	5.82
<b>M-3</b>	3.96	4.19	6.81
<b>M-4</b>	3.86	4.11	6.48
<b>M-5</b>	3.97	4.21	6.05
<b>Abs (%) PROMEDIO (kg/m3)</b>			<b>6.01</b>

**Nota:** “El ensayo de absorción para unidades de albañilería patrón fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta una absorción de 6.01%, cumple con los parámetros establecidos en norma E.070”.

**Tabla 47:** “Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 3 % de PET”.

<b>UNIDAD DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 3% DE PET</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>		<b>ABSORCION %</b>
	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	
<b>M-1</b>	3.70	3.98	7.57
<b>M-2</b>	3.65	3.93	7.67
<b>M-3</b>	3.65	3.92	7.40
<b>M-4</b>	3.66	3.94	7.65
<b>M-5</b>	3.69	3.93	6.50
<b>Abs (%) PROMEDIO (kg/m3)</b>			<b>7.36</b>

**Nota:** “El ensayo de absorción para unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P399.613, la cual presenta una absorción de 7.36%, cumple con los parámetros establecidos en norma E.070 Fuente: elaboración propia”.

**Tabla 48:** “Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 5 % de PET”.

<b>UNIDAD DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 5% DE PET</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>		<b>ABSORCION %</b>
	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	
<b>M-1</b>	3.62	3.92	8.29
<b>M-2</b>	3.59	3.89	8.36
<b>M-3</b>	3.60	3.90	8.33
<b>M-4</b>	3.62	3.91	8.01
<b>M-5</b>	3.62	3.92	8.29
<b>Abs (%) PROMEDIO (kg/m3)</b>			<b>8.26</b>

**Nota:** “El ensayo de absorción para unidades de albañilería con incorporación de 5% de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta una absorción de 8.26%, cumple con los parámetros establecidos en norma E.070”.

**Tabla 49:** “Absorción de las unidades de albañilería de concreto con incorporación de 10 % de PET”.

<b>UNIDAD DE ALBAÑILERÍA CON INCORPORACION DE 10% DE PET</b>			
<b>MUESTRA</b>	<b>PESO (KG)</b>		<b>ABSORCION %</b>
	<b>SECO</b>	<b>24H sat.</b>	
<b>M-1</b>	3.43	3.78	10.20
<b>M-2</b>	3.47	3.82	10.09
<b>M-3</b>	3.44	3.79	10.17
<b>M-4</b>	3.49	3.84	10.03
<b>M-5</b>	3.42	3.76	9.94
<b>Abs (%) PROMEDIO (kg/m3)</b>			<b>10.09</b>

**Nota:** “El ensayo de absorción para unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, la cual presenta una absorción de 10.09%, cumple con los parámetros establecidos en la norma E.070”

**Tabla 50:** “Resultados de las propiedades físicas de las unidades de albañilería”

PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA								
MUESTRA	Variación dimensional				Alabeo		Absorción	
	Lp(mm)	L %	Ap (mm)	A %	Hp (mm)	H %	(mm)	(%)
<b>Und. de alb. patrón</b>	230.63	-0.27	130.25	-0.19	96.88	-1.97	0.70	6.01
<b>3% PET</b>	229.90	0.04	129.90	0.08	97.75	-2.89	0.90	7.36
<b>5 % PET</b>	229.75	0.11	129.85	0.12	96.68	-1.76	0.65	8.26
<b>10% PET</b>	230.33	-0.14	130.30	0.23	97.45	-2.58	0.95	10.09

“Análisis de propiedades físicas: cambio de tamaño, obtenido: (patrón l: -0,27%, h: -1,97%, a: -0,19%) (3% PET l: 0,04%, h: -2,89%, a: 0,08%) (5% PET l: 0,11%, h: -1,76%, a: 0,12%) (10% PET l: -0,14%, h: -2,58%, a: -0,23%)”.

“La unidad de mampostería presenta el impacto positivo de cambios dimensionales mínimos. En la prueba de deformación, ya sea cóncava o convexa, la deformación promedio es de 0,65-0,95 mm. Todas las unidades de mampostería muestran un efecto positivo porque la deformación es muy pequeña. En la prueba de cambio dimensional y deformación, la unidad de mampostería no tiene un mucho cambio porque el tamaño, el proceso de fabricación y el curado de todas las muestras son iguales. Los resultados de la prueba de absorción son: (estándar: 6,01%, 3% PET: 7,36%, 5% PET: 8,26%, 10% PET: 10,09%).”

“La unidad de mampostería muestra un efecto positivo con una tasa de absorción de menos del 12%, pero se puede ver que a medida que se incorpora tereftalato de polietileno a la mezcla, la tasa de absorción aumenta, lo cual se debe al tereftalato de polietileno reciclado La forma del formiato de etileno se produjo cuando la fabricación de la unidad de mampostería no permitía la correcta contención de las partículas de hormigón, creando así poros en la muestra. Todas las pruebas cumplen con los parámetros especificados en la norma E.070”.

**c) Resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto.**

“Para explicar el resultado de la instalación de tereftalato de polietileno y su influencia en las propiedades mecánicas de los ladrillos, los ensayos se realizaron 28 días después de su preparación según los de la (NTP 399.613 Norma Técnica Peruana, 2005)”

✓ **Resistencia a la compresión**

“Se declaró la resistencia a la compresión de 5 unidades de mampostería para cada muestra (estándar, 3%, 5%, 10% PET)”

“Las tablas muestran los resultados de resistencia a la compresión de los ladrillos determinados en el laboratorio, cuyos valores corresponden a los parámetros especificados en (NTP 399.613 Norma Técnica Peruana, 2005)”

*Tabla 51: “Resistencia a la compresión de 5 unidades de albañilería de concreto patrón”.*

UNIDADES DE ALBAÑILERIA PATRON						
MUESTRA	Ancho promedio	Largo promedio	AREA cm <sup>2</sup>	AREA NETA cm <sup>2</sup>	Pu (kg)	f <sup>b</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
M-1	13.10	23.10	302.61	238.99	42087.24	176.10
M-2	13.025	23.00	299.58	235.96	42168.84	178.72
M-3	13.025	23.00	299.58	235.96	42467.70	179.98
M-4	13.075	22.93	299.81	236.19	41959.74	177.65
M-5	13.025	23.03	299.97	236.35	42913.44	181.57
<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>						<b>178.81</b>

**Tabla 52:** “Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET”.

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 3% DE PET</b>						
<b>MUESTRA</b>	<b>Ancho promedio</b>	<b>Largo promedio</b>	<b>AREA cm2</b>	<b>AREA NETA cm2</b>	<b>Pu (kg)</b>	<b>f'b (kg/cm2)</b>
<b>M-1</b>	13.00	23.00	299.00	235.38	30694.86	130.41
<b>M-2</b>	13.03	22.98	299.31	235.69	30793.80	130.65
<b>M-3</b>	13.07	22.98	300.35	236.73	30990.66	130.91
<b>M-4</b>	13.03	22.98	299.43	235.81	31117.14	131.96
<b>M-5</b>	13.49	22.98	310.00	246.38	30833.58	125.15
<b>Promedio (kg/cm2)</b>						<b>129.81</b>

**Nota:** El ensayo de resistencia a la compresión para unidades de albañilería con incorporación de 3% de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, teniendo como resultado un  $f'b=129.81$  Kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 53:** “Resistencia a compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 5 %de PET”.

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 5 % DE PET</b>						
<b>MUESTRA</b>	<b>Ancho promedio</b>	<b>Largo promedio</b>	<b>AREA cm2</b>	<b>AREA NETA cm2</b>	<b>Pu (kg)</b>	<b>f'b (kg/cm2)</b>
<b>M-1</b>	13.05	23.00	300.15	236.53	28868.04	122.05
<b>M-2</b>	12.98	22.98	298.28	234.66	24043.44	102.54
<b>M-3</b>	12.93	23.05	298.04	234.42	26612.82	113.53
<b>M-4</b>	13.00	23.01	299.13	235.51	28940.46	122.88
<b>M-5</b>	13.00	22.93	298.09	234.47	27969.42	119.29
<b>Promedio (kg/cm2)</b>						<b>116.04</b>

**Nota:** El ensayo de resistencia a la compresión para unidades de albañilería con incorporación de 5 % de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, teniendo como resultado un  $f'b=116.04$  Kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

**Tabla 54:** “Resistencia a compresión de las unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET”.

<b>UNIDADES DE ALBAÑILERIA CON INCORPORACION DE 10% DE PET</b>						
<b>MUESTRA</b>	<b>Ancho promedio</b>	<b>Largo promedio</b>	<b>AREA cm2</b>	<b>AREA NETA cm2</b>	<b>Pu (kg)</b>	<b>f<sup>’</sup>b (kg/cm2)</b>
<b>M-1</b>	12.98	22.95	297.89	234.27	19640.10	83.88
<b>M-2</b>	12.98	23.00	298.54	234.92	20811.06	88.59
<b>M-3</b>	13.00	22.90	297.70	234.08	20727.42	88.55
<b>M-4</b>	12.95	22.95	297.20	233.58	20965.08	89.75
<b>M-5</b>	13.00	23.10	300.30	236.68	18733.32	79.15
<b>Promedio</b>						<b>85.98</b>

**Nota:** El ensayo de resistencia a la compresión para unidades de albañilería con incorporación de 10 % de PET, fue realizado de acuerdo a la N.T.P 399.613, teniendo como resultado un f<sup>’</sup>b=85.98 Kg/cm2, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.070 Fuente: elaboración propia.

“Se explicaron las propiedades mecánicas: Se obtuvo el resultado de la prueba de resistencia a la compresión (muestra: f<sup>’</sup>b = 178.81Kg / cm2, 3% PET: f<sup>’</sup>b = 129.81Kg / cm2.5% PET: f<sup>’</sup>b = 116.04 Kg / cm2, 10% PET: f<sup>’</sup>b = 85,98 Kg / cm2), se ha observado que la resistencia a la compresión disminuye cuando se incorpora el tereftalato de polietileno a la mezcla, cabe destacar que se lograron efectos positivos Resultados dentro y cumplimiento de los parámetros especificados en el estándar E.070”.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. El resultado de las propiedades físico-mecánicas son: La variación dimensional que ofrecen todas las unidades de mampostería muestra efectos positivos de una mínima variación en longitud, ancho y altura (muestra l: -0,27%, h: - 1,97%, a: -0, 19%) (3% PET l: 0,04%, h: -2,89%, a: 0,08%) (5% PET l: 0,11%, h: - 1,76%, a: 0,12%) (10% PET l: - 0.14%, h: -2.58%, a: -0.23%), la deformación promedia 0.65-0.95 mm y muestra efectos positivos tanto en la concavidad como en la convexidad (superior e inferior). La absorción no supera el 12%, con efectos positivos, los ladrillos con proporciones de tereftalato de polietileno tienen una mayor capacidad de absorción de agua con un valor medio de (estándar: 6,01%, 3% PET: 7,36%, 5% PET: 8,26%, PET al 10%: 10,09%). La resistencia a la compresión muestra la disminución de la resistencia con una proporción creciente de tereftalato de polietileno, la mampostería estándar tiene un valor promedio de ( $F'b = 178.81 \text{ kg / cm}^2$ ), con la incorporación de 3% PET ( $F'b = 129.81 \text{ kg / cm}^2$ ) con almacenamiento de PET al 5% ( $F'b = 116.04 \text{ kg / cm}^2$ ), con almacenamiento de PET al 10% ( $F'b = 85.98 \text{ kg / cm}^2$ ), el resultado es una disminución de la resistencia que se observa cuando aumenta el porcentaje. Aumenta el tereftalato de polietileno, pero cabe señalar que las propiedades físico-mecánicas se encuentran dentro de los parámetros especificados en la norma técnica E.070 y les corresponden a través de las propiedades físico-mecánicas en mampostería de hormigón, que cumplen con los parámetros especificados en la norma técnica estándar "que El resultado confirma la siguiente tesis: Astopilco, (2015), en la investigación se concluyó Se encontró que no todas las propiedades físico-mecánicas de los bloques de hormigón fabricados con plástico PVC Deberían mejorarse los residuos producidos. Los resultados obtenidos en este estudio son favorables y precisos. Se incrementan las propiedades físico-mecánicas de los elementos de bloques

de hormigón fabricados con residuos plásticos de PVC, a excepción de la resistencia a la compresión. Al probar las desviaciones dimensionales, es mínima, al alabeo es un promedio de 0 - 2.5 mm; al probar la absorción, las piedras con componentes de PVC tienen una menor capacidad de absorción de agua, con un valor promedio de 7.89% para piedras con 50% PVC y 6,85% para piedras con 100% PVC, para la prueba de resistencia a la compresión, las piedras con componentes de PVC tienen una resistencia a la compresión baja en comparación con las piedras sin componentes de PVC con un valor medio de 223,99 kg / cm<sup>2</sup>, que es el diseño de mezclas para un hormigón corresponde a  $f'c = 210$  kg / cm<sup>2</sup>. Los ladrillos con proporciones de PVC triturado se pueden utilizar en cerramiento de muros, parapetos, en paisajismo, en mampostería enmarcada y en muros no portantes .

2. Si se tiene en cuenta la clasificación de los elementos del muro de hormigón según la dosificación de tereftalato de polietileno de 3%, 5% y 10% en el diseño de la mezcla, la mampostería con incorporación de 3% PET da un resultado de clase III con 5 % PET da un resultado de clase III y con 10% PET un resultado de clase II, todas las clasificaciones están dentro y corresponden a los parámetros especificados en la norma técnica E.070 Dosis de tereftalato de polietileno de 3%, 5% y 10% en el Las construcciones mixtas de la mampostería de hormigón son de clase III, III y II y corresponden a los parámetros especificados en la norma técnica ”, que confirman el resultado, tenemos la siguiente tesis: Echeverría, (2017), existe una clasificación de ladrillos estándar ( 0% PET) como mampostería de clase IV y bloques de hormigón - PET (3%, 6%, 9% PET) como mampostería de clase III, de acuerdo con los valores de referencia. Ales que superan los valores de diseño estructural prescritos en la norma E.070: 2006. Los tres tipos de bloques de hormigón: PET (3%, 6%, 9% PET) se clasifican según sus propiedades como ladrillos de clase III y los ladrillos de muestra (0% PET) como ladrillos de clase IV .
3. Analice las propiedades físicas: cambios de tamaño y obtenga: (patrón I: -0,27%, h: -1,97%, a: -0,19%) (3% PET I: 0,04%, h: -2,89%, a: 0,08%) (5% PET I: 0,11%, h: -1,76%, a: 0,12%) (10% PET I: -0,14%, h: -2,58%, a: -0,23%), todas las unidades de mampostería, presente El positivo efecto del cambio de tamaño más pequeño. En la prueba de alabeo, tanto las superficies cóncavas como convexas mostraron un alabeo promedio de 0.65-0.95mm. Todas las unidades de mampostería mostraron efectos positivos. Debido a la pequeña cantidad de alabeo, en términos de cambios

dimensionales y alabeo, La unidad de mampostería no tiene un gran cambio porque el tamaño, el proceso de fabricación y el curado de todas las muestras son iguales. Resultados de la prueba de absorción: (estándar: 6,01%, 3% PET: 7,36%, 5% PET: 8,26%, 10% PET: 10,09%), todas las unidades de mampostería mostraron un efecto positivo, la absorción fue inferior al 12% pero aleatoria Cuando se mezcla tereftalato de polietileno en la mezcla, la absorción aumenta debido a la forma del tereftalato de polietileno reciclado No se permite contener adecuadamente las partículas de concreto al fabricar la unidad de mampostería Se crea porosidad en la muestra. Todas las pruebas cumplen con los parámetros especificados en la norma E.070. Se acepta la hipótesis: “Los resultados de la adición de tereftalato de polietileno y su efecto sobre las propiedades físicas de las unidades de mampostería de hormigón cumplen con los parámetros especificados en las normas técnicas”. Confirman los resultados y confirman el siguiente trabajo: Echeverría, (2017), El estudio menciona que tres tipos de ladrillos de hormigón-PET (3%, 5%, 9% PET) no presentan cambios significativos en los cambios dimensionales y alabeos en comparación con los ladrillos estándar (0% PET). Estas características son similares a las de los ladrillos. El proceso, la geometría y las condiciones de almacenamiento están relacionados, y todos los tipos de ladrillos son iguales. Tres tipos de ladrillos de hormigón-PET (3%, 5%, 9% PET) aumentan con la absorción del PET contenido en la mezcla, comportamiento que se atribuye a la geometría de las escamas de PET. Reciclar porque no permiten contener adecuadamente las partículas de hormigón, creando más poros en las mismas. Las resistencias a la compresión de los tres tipos de ladrillos de hormigón-PET son  $f'b = 127.08 \text{ kg / cm}^2$ ,  $f'b = 118.80$  y  $f'b = 110.46 \text{ kg / cm}^2$ , que son 3%, 6% y 9% respectivamente. resistencia a la compresión actual La reducción máxima de la resistencia es de  $51,5 \text{ kg / cm}^2$  o 31,8%, en comparación con el ladrillo estándar (0% PET)  $f'b = 161,96 \text{ kg / cm}^2$ . El ladrillo estándar (0% PET) se divide en unidades de mampostería de grado IV, y el ladrillo de hormigón-PET (3%, 6%, 9% PET) se divide en unidades de mampostería de grado III, cumpliendo con el valor de referencia superior al estándar E. 070: 2006 El diseño especificado en. Tres tipos de ladrillos de hormigón: PET (3%, 6%, 9% PET) se clasifican en ladrillos de Clase III según su rendimiento, y los ladrillos estampados (0% PET) se clasifican como ladrillos de Clase IV, todos los cuales se pueden utilizar en estructuras .

4. Determinación de propiedades mecánicas: En la prueba de compresión se obtienen los resultados (patrón:  $f'_{b} = 178.81 \text{Kg} / \text{cm}^2$ , 3% PET:  $f'_{b} = 129.81 \text{Kg} / \text{cm}^2$ , 5% PET:  $f'_{b} = 116.04 \text{Kg} / \text{cm}^2$ , PET 10%:  $f'_{b} = 85,98 \text{Kg} / \text{cm}^2$ ), se puede observar que a medida que se incorpora tereftalato de polietileno a la mezcla disminuye la resistencia a la compresión, cabe destacar que se obtiene un efecto positivo porque el resultado es Y dentro el alcance de los parámetros especificados en la norma E.070, aceptar el supuesto: "El resultado de la incorporación de tereftalato de polietileno y su efecto sobre las propiedades mecánicas de las unidades de mampostería de hormigón cumplen con los parámetros especificados en las normas técnicas", Los resultados de Se confirman los siguientes trabajos: Echeverría, (2017), el estudio menciona que las resistencias a compresión de tres ladrillos de hormigón-PET son  $f'_{b} = 127.08 \text{kg} / \text{cm}^2$ ,  $f'_{b} = 118.80$  y  $f'_{b} = 110.46 \text{kg} / \text{cm}^2$ , para los porcentajes de 3%, 6% y 9%, y en relación con el ladrillo estándar (0% PET)  $f'_{b} = 161,96 \text{kg} / \text{cm}^2$ , se muestra la mayor caída de resistencia a la compresión de  $51,5 \text{kg} / \text{cm}^2$  o 31,8% .

## CONCLUSIONES

1. El resultado de la incorporación de polietileno y sus efectos sobre las propiedades físico-mecánicas de la mampostería de hormigón (estándar, 3%, 5%, 10% PET) tienen efectos positivos y corresponden a los parámetros especificados en la norma E.070, Se logra: a la desviación dimensional en longitud, altura y ancho, la absorción es mínima, la absorción es menor al 12%, la resistencia a la compresión promedio de los elementos de pared estándar es 178.71. kg / cm<sup>2</sup>, con 3% PET es 129,81 kg / cm<sup>2</sup>, con 5% PET es 116,04 kg / cm<sup>2</sup>, con 10% PET es 85,98 kg / cm<sup>2</sup>.
2. La clasificación con la dosificación de polietileno de 3% y 5% en el diseño de la mezcla para la preparación de los elementos del muro de hormigón es clase III, la dosificación con tereftalato de polietileno al 10% es clase II, todas las clasificaciones corresponden a los parámetros especificados en la norma técnica E.070.
3. El resultado de la incorporación de polietileno y su efecto sobre las propiedades físicas de la mampostería de hormigón (muestra, 3%, 5%, 10% PET) es: Las desviaciones dimensionales en longitud, altura y ancho son mínimas. La deformación tiene un promedio de 0,65-0,95 mm. La absorción es menor al 12%, todos los ladrillos tienen efectos positivos y corresponden a los parámetros especificados en la norma E.070.
4. El resultado de la incorporación de tereftalato de polietileno y su influencia en las propiedades mecánicas de la mampostería de hormigón (muestra, 3%, 5%, 10% PET) es: La resistencia a la compresión se muestra como el resultado: (muestra:  $f'_b = 178,81 \text{ kg / cm}^2$ . 3% PET:  $f'_b = 129.81 \text{ kg / cm}^2$ . 5% PET:  $f'_b = 116.04 \text{ kg / cm}^2$ , 10% PET:  $f'_b = 85.98 \text{ kg / cm}^2$ ), eso fue posible Disminución de la resistencia a la compresión con la incorporación del polietileno a la mezcla, cabe señalar que se han logrado efectos positivos, ya que el resultado se encuentra dentro de los parámetros especificados en la norma E.070 y se adhiere a los mismos.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar pruebas adicionales en las unidades de mampostería mencionadas en la “Norma Técnica Peruana 399.613” en futuras investigaciones a fin de determinar otros efectos en las propiedades del concreto.
2. Así también se recomienda realizar un análisis de costos del tereftalato de polietileno a fin de considerar el ahorro que pueda originar la utilización de este material en la fabricación de unidades de albañilería de concreto.
3. El contar con el equipo y el personal necesarios con experiencia en la fabricación de ladrillos, es también recomendable, con el fin de evitar cualquier tipo de inconveniente que pudiera interrumpir el desarrollo del trabajo y darse las soluciones oportunamente.
4. A los bachilleres en ingeniería civil, se les recomienda continuar la presente investigación con otras dosificaciones, en otros escenarios y con otras marcas de Cemento Portland y agregados, a fin de determinar las diferencias y aplicabilidad en otras realidades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 399.613., N. (2005).** "*Procedimientos para el muestreo y ensayo de los ladrillos de arcilla cocida, utilizados en albañilería*". Comité técnico de unidades de albañilería.
- Angumba, P. (2016).** "*Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante*". Cuenca.
- Astopilco Valiente, A. J. (2015).** "Comparación de las propiedades físico- mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015",. *Tesis*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Peru.
- Caballero, B. &. (2016).** "*Elaboración de bloques de cemento reutilizando el plástico polietileno- tereftalato(PET) como alternativa sostenible para la construcción*". *Tesis*. Universidad de Cartagena, España.
- E.070 ALBAÑILERÍA. (Peru).** *NORMA TÉCNICA*. 2016.
- Echeverría Garro, E. R. (2017).** "*Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado*". *Cajamarca*:. Universidad Nacional de Cajamarca., Cajamarca, Peru.
- Lama, J. L. (2010).** "*Efectos de la concentración del solvente y catalizador en la depolimerización vía glicólisis en fase líquida de residuos plásticos tipo pet*". Lima.
- LEY N° 30884. (2018).** "*Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables*" - *Diario oficial del bicentenario EL PERUANO*. Peru.
- Morales, M. (2012).** *Ladrillos. Santo Toribio de Mogrovejo*. Universidad Católica.
- NTP 339.185 - Norma Técnica Peruana (NTP). (2013).** "*AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*".
- NTP 399.613 Norma Técnica Peruana. (2005).** "*Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*"
- NTP 400.012 - Norma Técnica Peruana (NTP). (2013).** "*Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*"

- NTP 400.017 - Norma Técnica Peruana (NTP). (2011).** "AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso unitario") y los vacíos en los agregados".
- NTP 400.022 - Norma Técnica Peruana (NTP) . (2013).** "AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino".
- NTP 400.037. (2014).** "Especificaciones normalizadas para agregados en concreto"
- Piñeros, M. &. (2018).** "Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado(PET), aplicados en la construcción de vivienda". Bogotá. Tesis. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Reyna, C. (2016).** "Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo". Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- San Bartolome, A. (1994).** "Construcciones de albañilería". Fondo Editorial.
- Zavala, G. (2015).** "Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado". Santa Tecla. Tesis. Escuela especializada en ingeniería ITCA-FEPADE., El Salvador.

**ANEXOS**

**Anexo 01: Matriz de Consistencia**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA																						
<p><b>Problema general:</b> “¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto?”</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “¿Cuál es la clasificación, según la dosificación de polietileno 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto?”</li> <li>• “¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto?”</li> <li>• “¿Cuál es el resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto?”</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b> “Determinar el resultado de la incorporación de polietileno y sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto”.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “Identificar la clasificación, según la dosificación de polietileno de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto”.</li> <li>• “Analizar el resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto”.</li> <li>• “Explicar el resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto”.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b> “El resultado de la incorporación de polietileno sus efectos en las propiedades físicas-mecánicas en las unidades de albañilería de concreto, cumplen con los parámetros establecidos en la norma técnica”.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “La clasificación, según la dosificación de polietileno de 3%, 5%, y 10% en el diseño de mezcla, de las unidades de albañilería de concreto son clase III, III y II, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica”.</li> <li>• “El resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades físicas de las unidades de albañilería de concreto cumplen con los parámetros establecidos en la normatécnica”.</li> <li>• “El resultado de la incorporación de polietileno y su efecto en las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería de concreto cumplen con los parámetros establecidos en la normatécnica”.</li> </ul>	<p><b>V.I.:</b> Polietileno</p> <table border="1" data-bbox="1887 674 2264 974"> <thead> <tr> <th>Dimensión</th> <th>Indicadores</th> <th>Unidad de medición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Polietileno</td> <td>Porcentaje de PET</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>V.D.:</b> Propiedades físicas</p> <table border="1" data-bbox="1887 1108 2264 1415"> <thead> <tr> <th>Dimensión</th> <th>Indicadores</th> <th>Unidad de medición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Ensayos</td> <td>Variación dimensional</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Absorción</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Alabeo</td> <td>mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>Propiedades mecánicas</p> <table border="1" data-bbox="1887 1545 2217 1766"> <thead> <tr> <th>Dimensión</th> <th>Indicadores</th> <th>Unidad de medición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ensayos</td> <td>Resistencia a la compresión</td> <td>Kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Dimensión	Indicadores	Unidad de medición	Polietileno	Porcentaje de PET	%	Dimensión	Indicadores	Unidad de medición	Ensayos	Variación dimensional	mm	Absorción	%	Alabeo	mm	Dimensión	Indicadores	Unidad de medición	Ensayos	Resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>	<p><b>Método de Investigación:</b> “Método científico”</p> <p><b>Tipo de Investigación:</b> “Aplicada”</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> “Descriptivo-explicativo”</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> “Experimental”</p> <p><b>Población</b> “Para el estudio la población estuvo conformada por 40 unidades de albañilería de concreto fabricadas”.</p> <p><b>Muestra</b> “No se utilizó la técnica de muestreo, sino el censo”.</p>
Dimensión	Indicadores	Unidad de medición																								
Polietileno	Porcentaje de PET	%																								
Dimensión	Indicadores	Unidad de medición																								
Ensayos	Variación dimensional	mm																								
	Absorción	%																								
	Alabeo	mm																								
Dimensión	Indicadores	Unidad de medición																								
Ensayos	Resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>																								

**Anexo 02. Certificado de laboratorio de análisis de ensayo granulométrico**

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bch. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de Junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO NTP 400.012:13 - ASTM C 136-96a**

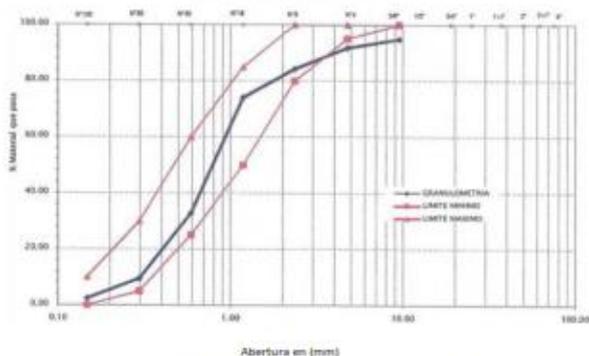
Código ASTM C 136-96a  
 Standard Test Method for Sieve Analysis of

Código NTP 400.012:13  
 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado

**GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO**

Tamiz	Abertura	Material retenido			%Muestra sobre Pasa.	Especif.	
		Peso Ret.	%Ret.	%Ret.		min. %	max. %
3/8"	9.50	65.30	5.09	5.09	94.91	100.00	100.00
N°4	4.75	40.30	3.14	8.24	91.76	95.00	100.00
N°8	2.36	95.70	7.47	15.70	84.30	80.00	100.00
N°16	1.18	131.20	10.23	25.94	74.06	50.00	85.00
N°30	0.60	228.90	41.26	67.26	32.74	20.00	60.00
N°50	0.30	298.90	23.32	90.51	9.49	5.00	30.00
N°100	0.15	90.80	7.08	97.60	2.40	0.00	10.00
PONDO	0.00	30.80	2.40	100.00			
O							
TOTAL		1281.00	100.00				

Cantera PILCOMAYO  
 Muestra: M-1  
 MF= 3.10

**CURVA GRANULOMETRICA**


**OBSERVACIONES:** Muestras provista e identificada por el interesado El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (DUJA PERUANA INDECOP: OP 004: 1993)

**EQUIPO UTILIZADO:**

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (FORNEY)

Estufa utilizada: Modelo 5THX-2A-120°C, Serie 13018 Balanza OHAUS SP16001, N° Serie 8411400997 - 6000gr.



  
**CARLOS ENRIQUE TITO SILVA**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**Anexo 03. Certificado del laboratorio de caracterización de agregado fino**

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bch. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de Junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

**CARACTERIZACIÓN DE AGREGADO FINO**

CANTERA: PILCOMAYO  
 MUESTRA: M-1

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO N.T.P. 400.017**
**I. PESO UNITARIO SUELTO SECO - PUS**

	MUESTRA N° 01		
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASLJA (kg)	13.19	13.17	13.2
PESO DE LA VASLJA (kg)	8.14	8.14	8.14
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (kir)	5.05	5.03	5.06
CONSTANTE (1/Vol.moldo)	308.7	308.7	308.7
PESO APARENTE SUELTO (kg/m <sup>3</sup> )	1559	1553	1562
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO HUMEDO (kg/m <sup>3</sup> )	1558		
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO SECO (kir/m <sup>3</sup> )	1547		

**II. PESO UNITARIO COMPACTADO SECO - PUCS**

	MUESTRA N° 01		
PESO DE 1ª MUESTRA COMPACTADA + VASLJA (kg)	13.97	14.00	13.94
PESO DE LA VASLJA (kg)	8.14	8.14	8.14
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (kg)	5.83	5.86	5.80
CONSTANTE (1/Vol.moldo)	308.7	308.7	308.7
PESO APARENTE COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> )	1799	1807	1789
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO HUMEDO (kg/m <sup>3</sup> )	1798		
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (kg/m <sup>3</sup> )	1786		

**CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DEL AGREGADO FINO N.T.P. 339.185**

MUESTRA N° 01		
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (m) + TARA	425.80	425.80
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (n) + TARA	423.80	423.80
TARA	130.20	130.20
CONTENIDO DE AGUA (kg)	2.00	2.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.68	0.68
PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.68	

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO N.T.P 400.022**
**I.- DATOS**

Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	963.00	963.00
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón	651.30	651.30
Peso del agua ( W = 3-2 )	304.70	305.00
Peso de la arena secada al horno + peso del balón	634.10	638.20
Peso del balón	151.20	151.20
Peso de la arena secada al horno ( A = 45 )	475.60	475.00
Volumen del balón V - 500 ml	500.00	500.00

**II.- RESULTADOS**

PESO ESPECIFICO DE MASA 1 P.E.M. = A / ( V - W )	2.44	2.44
PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO P.E.M.S.S.S. = 500 / ( V - W )	2.56	2.56
PESO ESPECIFICO APARENTE [ P.E.A. = A / ( V - W ) * ( 500 - A ) ]	2.78	2.79
PORCENTAJE DE ABSORCION [ ( 500 - A ) / A * 100 ]	5.13	5.13

OBSERVACIONES : Muestras provista e identificada por el interesado



El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: 09 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-4 ESPECIFICACION (FORNEY)

Escala utilizada: Modelo 5718-2A-120°C Serie 13018 • Calibrada por METEOTEC

CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

## **Anexo 04. Diseño de mezcla de concreto**

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bch. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de Junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

**❖ Diseño de mezcla de las unidades de albañilería**

- ✓ Cálculo de la resistencia promedio requerida (está en función al  $F'c$ )  $Fcr = 240 + 84 = 324 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado fino TMN= 3/8"
- ✓ Selección del asentamiento (consistencia de la mezcla) Seca: 0" a 2" Poco trabajable.
- ✓ Selección del volumen unitario de agua de diseño Diseño de mezclas por el método walker

Agua de mezclado: 205 lts Aire atrapado : 3%

- ✓ Selección del contenido de aire Aire atrapado= 3%
- ✓ Selección de la relación agua-cemento

**Por resistencia**

Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto

**Resistencia a los 28 días**

$F'c$  sin aire inc.

350	0.48	
<b>324</b>	<b>a/c</b>	<b>A/C=0.52</b>
300	0.55	

- ✓ Determinación del factor cemento Factor cemento=Volumen unitario/a-c Vol. Unitario : 205 lts/m<sup>3</sup>

Rel. a-c : 0.52  
 Factor cemento : 394.23 kg/m<sup>3</sup> Bols. Cemento : 9.28 bolsas

Lo mismo que decir que se necesitara 394.23 kilogramos de cemento para para elaborar 1 m<sup>3</sup> de concreto.

- ✓ Cálculo del volumen absoluto de la pasta: (cem, agua y aire)

**Volumen absoluto de:**

Cemento:	$394.23 / (3.15 \times 1000) =$	0.125	
Agua:	$205 / (1 \times 1000) =$	0.205	
Aire:	$3\% / 100\% =$	0.03	
<b>SUMA</b>			<b>0.360</b>

- ✓ Determinación del volumen absoluto del agregado fino total:  $V \text{ abs. Agreg.} = 1 - 0.360 = 0.640$

✓ Peso seco de la arena:  
 $= 0.640 \times 2.44 \times 1000 = 1561.6 \text{ Kg/m}^3$

✓ Valores de diseño (para 1 m<sup>3</sup> de concreto) Cemento = 394.23 Kg = 9.28 bolsas Agua de diseño = 205.00 lts  
 A. Fino Seco = 1516.00 Kg

- ✓ Corrección de los valores de diseño por humedad y absorción de agregado fino.

Peso húmedo del agregado fino:

**DATO: Contenido de humedad=0.08**

$1561.6 \times (1 + (0.08/100)) = 1572.21888$

Humedad superficial del agregado fino:

**DATO: Porcentaje de absorción=5.13** Agreg. fino=0.08-5.13 = -4.45 Calculamos el aporte de humedad:

Agreg. fino=1561.60x(-0.0445)= -69.4912 Lt/m<sup>3</sup>

Calculamos agua efectiva:

Agua efectiva=  $205 \text{ lts/m}^3 - (-69.49 \text{ lts/m}^3) = 274.49$

Los pesos corregidos de los materiales serán los siguientes:

**Corrección por humedad**

A. Fino Seco = 1572.22 Kg/m<sup>3</sup> Agua efectiva = 274.49 Lt/m<sup>3</sup> Cemento

  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

=394.23 Kg/m<sup>3</sup>



✓	Determinación de las propiedades en peso: C:1kg	Agreg:3.99kg	Agua: 0.70
✓	Determinación de los pesos de los materiales corregidos: (Bolsa)		
	Cemento	1x42.5=	42.5 Kg/bolsa
	:		
	Agua efectiva:	0.7x42.5=	29.75 Lt/bolsa
	Agregado fino:	3.99x42.5=	169.58 kg/bolsa

❖ **Dosificación del ladrillo con incorporación de PET para cada muestra**

✓ Determinación para volumen del ladrillo Volumen de un ladrillo  
 Para un molde=0.230 \* 0.095 \* 0.130 = 0.0028405 m<sup>3</sup> Área c. =3.1416\*0.015\*0.015\*0.095 = 8.6253E-05  
 m<sup>3</sup> Área T.c. = 8.6253E-05 X 9 = 0.00077627 m<sup>3</sup> Área neta = 0.0028405-0.00077627  
 = 0.00206423 m<sup>3</sup>

✓ Dosificación para 1 unidad de albañilería patrón  
 A. Fino Seco = 3.25 Kg Agua efectiva = 0.57 Lt Cemento =0.81 Kg

✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería patrón  
 A. Fino Seco = 32.50 Kg Agua efectiva = 5.70 Lt Cemento =8.10 Kg

✓ Dosificación para 1 m<sup>3</sup> (484) unidades de albañilería patrón  
 A. Fino Seco = 1573 Kg Agua efectiva = 275.88 Lt Cemento =392.04Kg

✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 3% PET  
 A. Fino Seco = 32.50 Kg Agua efectiva = 5.70 Lt Cemento =7.90 Kg  
 PET =0.24 Kg

✓ Dosificación para 1 m<sup>3</sup> (484) unidades de albañilería con incorporación de 3% PET  
 A. Fino Seco = 1573 Kg Agua efectiva = 275.88 Lt Cemento =382.30 Kg  
 PET =11.76 Kg

✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 5% PET  
 A. Fino Seco = 32.50 Kg Agua efectiva = 5.70 Lt Cemento =7.70 Kg  
 PET =0.41 Kg

✓ Dosificación para 1 m<sup>3</sup> (484) unidades de albañilería con incorporación de 5% PET  
 A. Fino Seco = 1573 Kg Agua efectiva = 275.88 Lt Cemento =372.68 Kg  
 PET =19.844 Kg

✓ Dosificación para 10 unidades de albañilería con incorporación de 10% PET  
 A. Fino Seco = 32.50 Kg Agua efectiva = 5.70 Lt Cemento =7.30 Kg  
 PET =0.81 Kg

✓ Dosificación para 1 m<sup>3</sup> (484) unidades de albañilería con incorporación de 10% PET  
 A. Fino Seco = 1573 Kg Agua efectiva = 275.88 Lt Cemento =353.32 Kg  
 PET =39.204 Kg



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**Anexo 05. Certificados de laboratorio de ensayos de las unidades de albañilería**

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de Junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.013. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: Variación de dimensiones**

Largo			LADRILLOS PATRON			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L prom.	V.D	Muestra	H prom.	V.D	Muestra	A prom.	V.D
M-01	231.00	-0.43	M-01	95.75	-0.79	M-01	130.25	-0.19
M-02	230.50	-0.22	M-02	96.75	-1.84	M-02	129.75	0.19
M-03	230.25	-0.11	M-03	97.50	-2.63	M-03	130.25	-0.19
M-04	230.50	-0.22	M-04	98.75	-3.95	M-04	129.75	0.19
M-05	230.00	0.00	M-05	96.50	-1.58	M-05	130.50	-0.38
M-06	231.50	-0.65	M-06	95.50	-0.53	M-06	130.75	-0.58
M-07	230.75	-0.33	M-07	96.50	-1.58	M-07	130.75	-0.58
M-08	231.25	-0.54	M-08	96.75	-1.84	M-08	130.25	-0.19
M-09	230.00	0.00	M-09	97.25	-2.37	M-09	130.75	-0.58
M-10	230.50	-0.22	M-10	97.50	-2.63	M-10	129.50	0.38
<b>Promedio</b>	<b>230.63</b>	<b>-0.27</b>	<b>Promedio</b>	<b>96.88</b>	<b>-1.97</b>	<b>Promedio</b>	<b>130.25</b>	<b>-0.19</b>

FORMULA:  $\%V = \frac{Dn - Dp}{Dn} \times 100\%$   
 %v= Variación de dimensión en porcentaje  
 Dn= Dimensión Nominal  
 Dp= Dimensión promedio de cada dimensión

**Resumen e interpretación de resultados**

Muestra	Variabilidad dimensional (Ladrillo patron)						de albañilería para estructuras Clase: ladrillo V
	L (mm)	l (%)	H (mm)	h (%)	A (mm)	a (%)	
LAD. PATRON	230.63	-0.27	96.88	-1.97	130.25	-0.19	

**OBSERVACIONES:**

- MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.013. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de arcilla Usados en Albañilería.

Método de ensayo: Variación de dimensiones

**LADRILLOS CON INCORPORACION DE 3 % DE PET**

Largo			Altura			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L prom.	V.D	Muestra	H prom.	V.D	Muestra	A prom.	V.D
M-01	229.75	0.11	M-01	97.25	-2.37	M-01	130.75	-0.58
M-02	230.00	0.00	M-02	98.00	-3.16	M-02	130.25	-0.19
M-03	230.25	0.11	M-03	98.50	-3.68	M-03	129.25	0.58
M-04	229.50	0.22	M-04	97.25	-2.37	M-04	129.75	0.19
M-05	230.25	0.11	M-05	97.50	-2.63	M-05	129.50	0.38
M-06	229.75	0.11	M-06	98.25	-3.42	M-06	130.25	-0.19
M-07	230.00	0.00	M-07	98.75	-3.95	M-07	129.75	0.19
M-08	230.25	0.11	M-08	98.50	-3.68	M-08	130.25	-0.19
M-09	230.00	0.00	M-09	96.25	-1.32	M-09	129.25	0.58
M-10	229.25	0.33	M-10	97.25	-2.37	M-10	130.00	0.00
Promedio	229.90	0.04	Promedio	97.75	-2.89	Promedio	129.90	0.08

FORMULA:  $\%V = \frac{Dn - Dp}{Dn} \times 100\%$   
 %v= Variación de dimensión en porcentaje  
 Dn= Dimensión Nominal  
 Dp= Dimensión promedio de cada dimensión

**Resumen e interpretación de resultados**

Muestra	Variabilidad dimensional (Ladrillos 3% PET)					de albañilería para fines estructurales
	L (mm)	l (%)	H (mm)	h (%)	A (mm)	
LAD: 3% PET	229.90	0.04	97.75	-2.89	129.90	0.08

Clase: ladrillo V

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.013. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de arcilla Usados en Albañilería.

Método de ensayo: Variación de dimensiones

**LADRILLOS CON INCORPORACION DE 5 % DE PET**

Largo			Altura			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L prom.	V.D	Muestra	H prom.	V.D	Muestra	A prom.	V.D
M-01	230.50	-0.22	M-01	96.00	-1.05	M-01	130.00	0.00
M-02	229.50	0.22	M-02	97.00	-2.11	M-02	129.50	0.38
M-03	230.00	0.00	M-03	97.00	-2.11	M-03	130.00	0.00
M-04	229.75	0.11	M-04	97.25	-2.37	M-04	130.50	-0.38
M-05	229.25	0.33	M-05	97.50	-2.63	M-05	129.50	0.38
M-06	229.75	0.11	M-06	96.00	-1.05	M-06	130.00	0.00
M-07	230.00	0.00	M-07	97.75	-2.89	M-07	130.75	-0.58
M-08	230.25	0.11	M-08	97.25	-2.37	M-08	130.25	-0.19
M-09	229.25	0.33	M-09	95.25	-0.26	M-09	129.00	0.77
M-10	229.25	0.33	M-10	95.75	-0.79	M-10	129.00	0.77
<b>Promedio</b>	<b>229.75</b>	<b>0.11</b>	<b>Promedio</b>	<b>96.68</b>	<b>-1.76</b>	<b>Promedio</b>	<b>129.85</b>	<b>0.12</b>

FORMULA:  $\%V = \frac{Dn - Dp}{Dn} \times 100\%$   
 %v= Variación de dimensión en porcentaje  
 Dn= Dimensión Nominal  
 Dp= Dimensión promedio de cada dimensión

**Resumen e interpretación de resultados**

Muestra	Variabilidad dimensional (Ladrillos 5% PET)				Ladrillo		Clase: ladrillo v
	L (mm)	l (%)	H (mm)	h (%)	A (mm)	a (%)	
LAD.5% PET	229.75	0.11	96.68	-1.76	129.85	0.12	para fines estructurales

**OBSERVACIONES:**

- MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.013. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de arcilla Usados en Albañilería.

Método de ensayo: Variación de dimensiones

**LADRILLOS CON INCORPORACION DE 10 % DE PET**

Largo			Altura			Ancho		
Resultados de unidades			Resultados de unidades			Resultados de unidades		
Muestra	L prom.	V.D	Muestra	H prom.	V.D	Muestra	A prom.	V.D
M-01	230.25	0.11	M-01	98.50	-3.68	M-01	130.50	-0.38
M-02	230.75	-0.33	M-02	96.50	-1.58	M-02	130.25	-0.19
M-03	230.25	0.11	M-03	97.75	-2.89	M-03	130.50	-0.38
M-04	230.25	0.11	M-04	97.00	-2.11	M-04	130.25	-0.19
M-05	229.50	0.22	M-05	98.00	-3.16	M-05	130.50	-0.38
M-06	230.50	-0.22	M-06	96.75	-1.84	M-06	130.75	-0.58
M-07	230.25	0.11	M-07	97.50	-2.63	M-07	130.50	-0.38
M-08	230.75	-0.33	M-08	97.00	-2.11	M-08	130.00	0.00
M-09	229.75	0.11	M-09	97.50	-2.63	M-09	129.50	0.38
M-10	231.00	-0.43	M-10	98.00	-3.16	M-10	130.25	-0.19
<b>Promedio</b>	<b>230.33</b>	<b>-0.14</b>	<b>Promedio</b>	<b>97.45</b>	<b>-2.58</b>	<b>Promedio</b>	<b>130.30</b>	<b>-0.23</b>

**FORMULA:**  $\%V = \frac{Dn - Dp}{Dn} \times 100\%$   
 %v= Variación de dimensión en porcentaje  
 Dn= Dimensión Nominal  
 Dp= Dimensión promedio de cada dimensión

**Resumen e interpretación de resultados**

Muestra	L (mm)	Variabilidad dimensional (Ladrillos 5% PCT)		H (mm)	h (%)	A (mm)	a (%)	de albañilería para fines estructurales
		l (%)	h (%)					
LAD.5% PET	229.75	0.11	96.68	-1.76	129.85	0.12	Clase ladrillo V	

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: Ensayo de Absorción**

LADRILLOS PATRON			
MUESTRA	PESO (KG)	PESO (KG)	ABSORCION %
	SECO	24H sat.	
M-1	3.90	4.13	5.90
M-2	3.95	4.18	5.82
M-3	3.96	4.19	5.81
M-4	3.86	4.11	6.48
M-5	3.97	4.21	6.05
Abs (%) PROMEDIO			6.01

**FORMULA:**

$$\text{Absorción\%} = \frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

**DONDE:**

Wd= peso seco del espécimen

Ws= peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría durante 24 horas.

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: Ensayo de Absorción**

LADRILLOS PATRON			
MUESTRA	PESO (KG)	PESO (KG)	ABSORCION %
	SECO	24H sat.	
M-1	3.90	4.13	5.90
M-2	3.95	4.18	5.82
M-3	3.96	4.19	5.81
M-4	3.86	4.11	6.48
M-5	3.97	4.21	6.05
Abs (%) PROMEDIO			6.01

**FORMULA:**

$$\text{Absorción}\% = \frac{W_S - W_D}{W_D} \times 100$$

**DONDE:**

Wd= peso seco del espécimen  
 Ws= peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría durante 24 horas.

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bch. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: Ensayo de Absorción**

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 5% DE PET			
MUESTRA	PEBO (KG)		ABSORCION %
	SECO	24H sat.	
M-1	3.62	3.92	8.29
M-2	3.59	3.59	8.36
M-3	3.60	3.90	8.33
M-4	3.62	3.91	8.01
M-5	3.62	3.92	8.29
Abs (%) PROMEDIO			8.26

**FORMULA:**

$$Absorción\% = \frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

**DONDE:**

Wd= peso seco del espécimen  
 Ws= peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría durante 24 horas.

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bch. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: Ensayo de Absorción**

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 5% DE PET			
MUESTRA	PEBO (KG)		ABSORCION %
	SECO	24H sat.	
M-1	3.62	3.92	8.29
M-2	3.59	3.59	8.36
M-3	3.60	3.90	8.33
M-4	3.62	3.91	8.01
M-5	3.62	3.92	8.29
Abs (%) PROMEDIO			8.26

**FORMULA:**

$$Absorción\% = \frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

**DONDE:**

Wd= peso seco del espécimen  
 Ws= peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría durante 24 horas.

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bch. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: Ensayo de Absorción**

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 10% DE PET			
MUESTRA	PESO (KG)	PESO (KG)	ABSORCION %
	SECO	24H sat.	
M-1	3.43	3.78	10.20
M-2	3.47	3.82	10.09
M-3	3.44	3.79	10.17
M-4	3.49	3.84	10.03
M-5	3.42	3.76	9.94
Abs (%) PROMEDIO			<b>10.09</b>

**FORMULA:**

$$\text{Absorción\%} = \frac{WS - WD}{WD} \times 100$$

**DONDE:**

Wd= peso seco del espécimen  
 Ws= peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría durante 24 horas.

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: Ensayo de Alabeo**

Muestra	LADRILLOS PATRON					
	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUP.	CARA INF.	PRO M.	CARA SUP.	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)
M-01	1	0	0.5	0	0	0
M-02	1	0	0.5	0	0	0
M-03	0	0	0	3	0	1.5
M-04	0	0	0	0	0	0
M-05	1	1	1	0	0	0
M-06	0	0	0	4	0	2
M-07	0	0	0	3	0	1.5
M-08	0	0	0	0	0	0
M-09	0	1	0.5	4	0	2
M-10	3	0	1.5	0	0	0
PROMEDIO (mm)			0.40	PROMEDIO (mm)		0.70

**Resumen e interpretación de resultados**

Ensayo de Alabeo (Ladrillos patron)				Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	Alabeo (mm)	
LAD. PATRON	0.40	0.70	0.70	Clase ladrillo V

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: Ensayo de Alabeo**

Muestra	LADRILLOS CON INCORPORACION DE 3% DE PET					
	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUP.	CARA INF.	PROM. (mm)	CARA SUP.	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)
M-01	0	2	1	3	0	1.5
M-02	1	1	1	0	0	0
M-03	1	0	0.5	0	0	0
M-04	1	0	0.5	0	0	0
M-05	0	1	0.5	3	0	1.5
M-06	0	0	0	3	0	1.5
M-07	3	1	2	0	0	0
M-08	0	0	0	3	0	1.5
M-09	3	0	1.5	0	0	0
M-10	3	1	2	0	0	0
PROMEDIO (mm)			0.90	PROMEDIO (mm)		0.60

**Resumen e interpretación de resultados**

Ensayo de Alabeo (ladrillos 3% PET)				Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	Alabeo (mm)	
LAD. 3% PET	0.90	0.60	0.90	<b>Clase: ladrillo V</b>

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bch. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: Ensayo de Alabeo**

Muestra	LADRILLOS CON INCORPORACION DE 5% DE PET					
	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)
M-01	0	0	0	3	0	1.5
M-02	4	0	2	0	0	0
M-03	0	0	0	3	0	1.5
M-04	0	0	0	0	0	0
M-05	4	0	2	0	0	0
M-06	0	0	0	1	0	0.5
M-07	0	0	0	0	0	0
M-08	0	0	0	2	0	1
M-09	3	0	1.5	0	0	0
M-10	2	0	1	0	0	0
PROMEDIO (mm)			0.65	PROMEDIO (mm)		0.45

**Resumen e interpretación de resultados**

Ensayo de Alabeo (Ladrillos 5% PET)				Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	Alabeo (mm)	
LAD. 5% PET	0.65	0.45	0.65	<b>Clases ladrillo V</b>

**OBSERVACIONES:**

- MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bch. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: Ensayo de Alabeo**

Muestra	LADRILLOS CON INCORPORACION DE 10% DE PET					
	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARASUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)	CARA SUP. (mm)	CARA INF. (mm)	PROM. (mm)
M-01	0	1	0.5	4	0	2
M-02	1	0	0.5	0	0	0
M-03	0	0	0	1	0	0.5
M-04	2	0	1	0	0	0
M-05	0	0	0	5	0	2.5
M-06	0	1	0.5	5	0	2.5
M-07	5	1	3	0	0	0
M-08	4	1	2.5	0	0	0
M-09	3	0	1.5	0	0	0
M-10	0	0	0	0	0	0
PROMEDIO (mm)			0.95	PROMEDIO (mm)		0.75

**Resumen e interpretación de resultados**

Ensayo de Alabeo (Ladrillos 10% PET)				Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	Alabeo (mm)	
LAD. 10% PET	0.95	0.75	0.95	Clase: ladrillo V

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: 'Resistencia a la compresión (f b)**

LADRILLOS PATRON						
MUESTRA	Ancho	Largo	AREA cm2	AREA NETA cm2	Pu (kg)	f b (kg/cm2)
	promedio	promedio				
M-1	13.10	23.10	302.61	238.99	42087.24	176.10
M-2	13.025	23.00	299.58	235.96	42168.84	178.72
M-3	13.025	23.00	299.58	235.96	42467.70	179.96
M-4	13.075	22.93	299.81	236.19	41959.74	177.65
M-5	13.025	23.03	299.97	236.35	42913.44	181.57
Promedio $f_b$ (kg/cm2)						<b>178.81</b>

**FORMULA:**

$$f' b = \frac{W}{A}$$

**DONDE:**

f' b = Resistencia a compresion del espécimen.

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo.

A = Promedio del area neta

Ensayo de Resistencia a compresión (Ladrillos patron)		Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	Promedio $f_b$ (kg/cm2)	
Lad. PATRON	<b>178.81</b>	Clase: ladrillo IV

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: 'Resistencia a la compresión (f b)**

MUESTRA	LADRILLOS CON INCORPORACION DE 3% DE PET		AREA cm2	AREA NETA cm2	Pu (kg)	fb (kg/cm2)
	Ancho promedio	Largo promedio				
M-1	13.00	23.00	299.00	235.38	30694.86	130.41
M-2	13.03	22.98	299.31	235.69	30793.80	130.65
M-3	13.07	22.98	300.35	236.73	30990.66	130.91
M-4	13.03	22.98	299.43	235.81	31117.14	131.96
M-5	13.49	22.98	310.00	246.38	30833.58	125.15
Promedio fb (kg/cm2)						129.81

**FORMULA:**

$$f' b = \frac{W}{A}$$

**DONDE:**

f' b = Resistencia a compresion del especimen.

W = Maxima carga indicada por la maquina de ensayo.

A = Promedio del area neta

Ensayo de Resistencia a compresión (Ladrillos 3% PET)		Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	Promedio fb (kg/cm2)	
Lad. 3% PET	129.81	Clase: ladrillo III

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bach. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: 'Resistencia a la compresión (f b)**

MUESTRA	LADRILLOS CON INCORPORACION DE 5 % DE PET		AREA cm2	AREA META cm2	PU(kg)	F'b (kg/cm2)
	Ancho promedio	Largo promedio				
M-1	13.05	23.00	300.15	236.53	28868.04	122.05
M-2	12.98	22.98	298.28	234.66	24043.44	102.46
M-3	12.93	23.05	298.04	234.42	26612.82	113.53
M-4	13.00	23.01	299.13	235.51	28940.46	122.88
M-5	13.00	22.93	298.09	234.47	27969.42	119.29
Promedio F'b (kg/cm2)						116.04

**FORMULA:**

$$f'b = \frac{W}{A}$$

**DONDE:**

f'b = Resistencia a compresion del especimen.

W = Maxima carga indicada por la maquina de ensayo.

A = Promedio del area neta

Ensayo de Resistencia a compresión (Ladrillos 5% PET)		Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	Promedio F'b (kg/cm2)	
Lad. 5% PET	116.04	Clase: ladrillo III

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

**INFORME N°DS0052210072021**

Proyecto/Obra: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO Y MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONADO CON POLIETILENO  
 Atención: Bch. Aguilar Cabrera Lenin Marks  
 Fecha de recepción: lunes, 3 de junio de 2021  
 Fecha de emisión: viernes, 19 de Julio de 2021

INDECOPI, 2005. NTP 399.613. Unidades de Albañilería. Método de Muestreo y Ensayo de Ladrillos de Arcilla Usados en Albañilería.

**Método de ensayo: 'Resistencia a la compresión (f b)**

LADRILLOS CON INCORPORACION DE 10% DE PET						
HUESTRA	Ancho	Largo	AREA cm2	AREA NETA cm2	Pu (kg)	f b (kg/cm2)
	promedio	promedio				
H-1	12.98	22.95	297.89	234.27	19640.10	83.83
H-2	12.98	23.00	298.54	234.92	20811.06	88.59
H-3	13.00	22.90	297.70	234.08	20727.42	88.55
H-4	12.95	22.95	297.20	233.58	20965.08	89.75
H-5	13.00	23.10	300.30	236.68	18733.32	79.15
Promedio f b (kg/cm2)						85.98

**FORMULA:**

$$f' b = \frac{W}{A}$$

**DONDE:**

f' b = Resistencia a compresion del espécimen.

W = Maxima carga indicada por la maquina de ensayo.

A = Promedio del area neta

Ensayo de Resistencia a compresión (Ladrillos 10% PET)		Clase de unidad de albañilería para fines estructurales
Muestra	Promedio f b (kg/cm2)	
Lad. 10% PET	85.98	Clase ladrillo II

**OBSERVACIONES:**

- 1) MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
- 2) LADRILLOS DE CONCRETO CON INCORPORACION DE PET

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



  
 CARLOS ENRIQUE TITO SILVA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 76173

## **Anexo 06. Panel fotográfico**

## PANEL FOTOGRÁFICO

### Inspección de los materiales



**Fotografía N° 01:** “Hojuelas de polietileno tereftalato (PET) seleccionado Fuente: elaboración propia”.



**Fotografía N° 02:** “Secado del agregado fino para realizar los ensayos Fuente: elaboración propia”.



**Fotografía N° 03:** “Cemento andino tipo I para la elaboración de las unidades dealbañilería”

“Análisis granulométrico del agregado fino”



**Fotografía N° 04:** “Material retenido en los tamices (ensayo granulométrico del agregado fino)”



**Fotografía N° 05:** “Obtención de polietileno tereftalato pasante la malla N° 4”

Peso unitario del agregado fino

**Fotografía N° 06:** “Ensayo de peso unitario seco compactado del agregado fino(nivelación de la superficie del material)”



**Fotografía N° 07:** “Ensayo de peso unitario seco compactado del agregado fino(peso del recipiente que contiene el agregado)”.

“Peso específico del agregado fino”



**Fotografía N° 08:** “Colocación de la muestra en el picnómetro”



**Fotografía N° 09:** “Compactación del material en el molde cónico”

**Fotografía N° 10:** “Humedad libre del agregado fino Fuente: elaboración propia”.



“Fabricación de las unidades de albañilería”



**Fotografía N° 11:** “Peso de materiales para la elaboración de las unidades”



**Fotografía N° 12:** “Cantidades de cemento, agregados, PET, para la fabricación de la unidad de albañilería de concreto Fuente: elaboración propia”.



**Fotografía N° 13:** “Maquina para la elaboración de las unidades de albañilería Fuente: elaboración propia.”



**Fotografía N° 14:** “Incorporación de materiales para la mezcla Fuente:elaboración propia.”

**Fotografía N° 15:** “Incorporación de PET en la mezcla Fuente: elaboración propia.”



**Fotografía N° 16:** “Incorporación de agua en la mezcla, se mezcló hasta observar homogeneidad Fuente: elaboración propia.”



**Fotografía N° 17:** “Prueba de control de consistencia de la mezcla”



**Fotografía N° 18:** “Colocación de la mezcla en la máquina para el vibrado y fabricación de las unidades Fuente: elaboración propia”

**Fotografía N° 19:** “Unidades fabricadas Fuente: elaboración propia.”





**Fotografía N° 20:** “Acomodo de las unidades para su secado, diferenciando el patrón con las que contienen incorporación de PET Fuente: elaboración propia.”



**Fotografía N° 21:** “Curado de las unidades por 28 días Fuente: elaboración propia.”



“Ensayos a las unidades de albañilería Ensayo de variación dimensional”

**Fotografía N° 22:** “Medición de dimensiones de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%,10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia”.



**Fotografía N° 23:** “Medición de la longitud, ancho y alto de las 4 muestras (patrón,3%, 5%, 10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia”.

Ensayo de alabeo



**Fotografía N° 24:** “Medición de concavidad (cara superior)) de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia”.

**Fotografía N° 25:** “Medición de convexidad de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia.”



“Ensayo de absorción”



**Fotografía N° 26:** “Secado al horno por 24 horas de las 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) de las unidades Fuente: elaboración propia”.



**Fotografía N° 27:** “Unidades sumergidas por 24 horas, 4 muestras (patrón, 3%, 5%, 10% PET) Fuente: elaboración propia”.

Ensayo de resistencia a la compresión



**Fotografía N°28:** “Refrendado con yeso-cemento de las 4 muestras (patrón, 3%,5%, 10% PET) de todas las unidades Fuente: elaboración propia”.



**Fotografía N° 29:** “Resultado de la unidad de albañilería patrón Fuente:elaboración propia”.



**Fotografía N° 30:** “Resultado de la unidad de albañilería con incorporación de 5 % PET Fuente: elaboración propia.”



**Fotografía N° 31:** “Resultado de la unidad de albañilería con incorporación de 10 % PET Fuente: elaboración propia.”



**Fotografía N° 32:** “Falla a compresión de las unidades Fuente: elaboración propia”.