



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE
LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE
POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TÉCNICA E-070.

Presentado por :

Valdivia Huaman, Rodrigo

Para optar al Título Profesional de Ingeniero
Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos

CUSCO - PERÚ

2019



DEDICATORIA

A Dios, quien me dio a las personas que están a mi lado, por darme las experiencias de alegría y tristeza. Aprendí gracias a El que cada día es una oportunidad de ser mejor y poder cambiar nuestra vida o poder cambiar la vida de alguien más.

A mi madre, por ser la persona dura y obstinada que siempre quiso mostrar, pero en el fondo siempre tan sentimental y dulce, quien me enseñó desde muy pequeño que las cosas son difíciles e hizo de todo para que cumpliera mis metas.

A mi padre, por ser mi inspiración para ser profesional y además enseñarme a su manera que clase de persona quiero ser y como quiero llevar mi vida, enseñándome a ser técnico, teórico y práctico.

A mi hermano, quien siempre fue una de mis grandes influencias en mi vida, porque me enseñó que los ingenieros podemos ser innovadores, a siempre ser un vanguardista.

A mis docentes, quienes más que solo brindarnos conocimientos nos enseñan ideales y nos forman como profesionales, quienes al mostrarnos su percepción nos revelan que debemos tener un juicio crítico que debe de ser usado para el mejoramiento de la sociedad.

A las personas en mi vida. A mis amigos que de una u otra manera nos enseñaron que es la vida y como vivirla. A los amigos que aún a pesar de no entendernos e incluso discutir siempre estuvimos ahí.



AGRADECIMIENTOS

En principio debo de agradecer a Dios, porque me dio a las personas en mi vida las personas que me enseñaron y ayudaron a formar quien soy en la actualidad.

A mis padres y hermano quienes me enseñaron con el ejemplo y con grandes conocimientos de la vida, madre gracias por darme las más grandes lecciones de la vida, padre gracias por enseñarme a ser fuerte y no tener miedo a ser grande, hermano gracias por enseñarme la mitad de lo que sé y por apoyarme siempre.

A mi asesor Ing. Jean Fernando Pérez Montesinos, quien me apoyó y me dio parte de su valioso tiempo para realizar la tesis de una manera ideal.

A mis dictaminantes quienes me aportaron con conocimientos constructivos, dándome una visión crítica y me permitieron desarrollar de la mejor manera la tesis.



RESUMEN

Se desarrolló la investigación teniendo en cuenta una metodología experimental, que consistió en la elaboración de ladrillos semi industriales de arena gruesa y PET (picado en tiras de 1 cm a 2 cm) como cementante de dimensiones comerciales 24cm x 12cm x 9cm. Los cuales fueron elaborados con tres dosificaciones en porcentajes de PET: 100% (PET 1: Arena Gruesa 0), 80% (PET 1: Arena Gruesa 0.25) y 67% (PET 1: Arena Gruesa 0.5), teniendo en cuenta que la dosificación fue por volumen.

Durante la fabricación de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante se tomó en cuenta un proceso semi industrial en una planta de fabricación diseñada para la tesis donde se tomaron las medidas de seguridad apropiadas, en la planta se utilizó una fragua de forja para derretir en la temperatura ideal del PET y calentar la arena gruesa, además se utilizó moldes de metal con dimensiones de 24cm x 12cm x 9cm, con un calado de 15cm x 5cm x 1.4cm los cuales fueron diseñados para la tesis. Los ladrillos fueron sometidos a ensayos de variación dimensional, alabeo, densidad, absorción de humedad y resistencia a compresión ($f'b$) para ver sus características físicas y compararlo con un ladrillo tipo IV según se indica en la Norma Técnica Peruana E.070, además se tomó encuentra un ensayo de emisión de gases para observar de forma cuantitativa los gases emitidos durante la fabricación de los ladrillos de PET y arena gruesa, donde se observó que el único gas emitido fue CO (monóxido de carbono) el cual a la temperatura de 240°C ya es tóxico según los estándares de calidad ambiental del aire del Ministerio de Salud.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo IV se mostró que el ladrillo con 100% PET tiene mayor variación dimensional en relación a los ladrillos de 80% PET y 67% PET, asimismo el alabeo en el ladrillo de 100% PET es mayor en relación a los ladrillos de 80% PET y 67% PET por la falta de arena gruesa que absorba el calor del proceso de fabricación y evite la variación volumétrica por temperatura. La densidad del ladrillo de 67% PET es la mayor en relación con los ladrillos de 100% PET y 80% PET por ser el ladrillo con mayor cantidad de arena gruesa. En cuanto a la absorción de humedad el ladrillo de 100% PET tiene mayor porcentaje de absorción al ser el ladrillo con más porosidad y fracturas internas que los ladrillos de 80% PET y 67% PET. La mayor resistencia a compresión ($f'b$) fue alcanzado por el ladrillo de 80% PET llegando a una resistencia de 111.47 kg/cm².



ABSTRACT

The research was developed taking into account an experimental methodology, which consisted in the manufacturing of semi-industrial bricks of coarse sand and PET (chopped into strips from 1 cm to 2 cm) as a cementing agent of commercial dimensions 24cm x 12cm x 9cm. Which were made with three dosages in percentages of PET: 100% (PET 1: Coarse Sand 0), 80% (PET 1: Coarse Sand 0.25) and 67% (PET 1: Coarse Sand 0.5), taking into account that the dosage was by volume.

During the manufacturing of the coarse sand bricks and PET as cement was taken into account a semi-industrial process in a manufacturing plant designed for the thesis where the appropriate safety measures were taken, in the plant was used a forge for melting in the ideal temperature of the PET and heat the coarse sand, in addition metal molds with dimensions of 24cm x 12cm x 9cm, with a draft of 15cm x 5cm x 1.4cm were used, which were designed for the thesis. The bricks were subjected to tests of dimensional variation, warping, density, moisture absorption and resistance to compression ($f'b$) to see their physical characteristics and compare it with a brick type IV as indicated in the Peruvian Technical Standard E.070, A gas emission test was also taken to quantitatively observe the gases emitted during the manufacture of PET bricks and coarse sand, where it was observed that the only gas emitted was CO (carbon monoxide) which at the temperature of 240 ° C is already toxic according to the air quality standards of the Ministry of Health.

According to the results obtained in chapter IV it was shown that the brick with 100% PET has greater dimensional variation in relation to the bricks of 80% PET and 67% PET, also the roll in the brick of 100% PET is higher in relation to the bricks of 80% PET and 67% PET for the lack of coarse sand that absorbs the heat of the manufacturing process and avoids the volumetric variation by temperature. The density of the 67% PET brick is the highest in relation to the bricks of 100% PET and 80% PET because it is the brick with the largest amount of coarse sand. In terms of moisture absorption, the 100% PET brick has a higher percentage of absorption as the brick with more porosity and internal fractures than the bricks of 80% PET and 67% PET. The highest resistance to compression ($f'b$) was reached by the 80% PET brick reaching a resistance of 111.47 kg / cm².



INTRODUCCIÓN

En una sociedad consumista donde parece que todo es desechable se tiene como principal en el insumo de envases el PET el cual no es reciclado correctamente o tratado de manera industrial por lo cual se puede tomar en cuenta que el estudio de diferentes formas de reciclar el plástico PET es relevante y la presente tesis trata de diseñar, elaborar y analizar las características físico mecánicas de ladrillos de arena gruesa y PET (picado en tiras de 1 a 2cm) como cementante en la construcción de viviendas siguiendo como marco normativo la Norma Técnica Peruana E.070 siendo este producto una alternativa a los ladrillos de arcillas quemados de manera artesanal, los cuales toman más tiempo en ser creados y no son reutilizables. Para el desarrollo del proyecto se efectuaron las siguientes pruebas experimentales:

1. Determinar la variación dimensional.
2. Determinar el alabeo de las unidades de albañilería.
3. Determinación de la densidad de la unidad de albañilería.
4. Determinar la absorción de las unidades de albañilería.
5. Ensayos de compresión de unidades de ladrillos arena gruesa y PET como cementante.

Previamente, se realizaron las siguientes actividades:

-) Definición de las dimensiones modulares del ladrillo.
-) Definición de la dosificación por volumen a usar en la fabricación de los ladrillos.
-) Fabricación de los ladrillos.
-) Medición de emisión de gases.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCIÓN	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Identificación del problema.....	1
1.1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema.....	3
1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general.....	3
1.1.3 Formulación interrogativa de los problemas específicos.....	3
1.2 Justificación e importancia de la investigación.....	4
1.2.1 Justificación técnica.....	4
1.2.2 Justificación social.....	4
1.2.3 Justificación por viabilidad.....	5
1.2.4 Justificación por relevancia.....	5
1.2.5 Justificación medio ambiental.....	5
1.3 Limitaciones de la Investigación.....	6
1.3.1 Limitaciones geográficas.....	6
1.3.2 Limitaciones de diseño.....	8
1.4 Objetivo de la Investigación.....	8



1.4.1	Objetivo general	8
1.4.2	Objetivos específicos.....	8
Capítulo II: MARCO TEÓRICO		10
2.1.1.	Antecedentes a nivel nacional	10
2.1.1.1	Título: “Comportamiento sísmico de un módulo de dos pisos reforzado y construido con ladrillos ecológicos prensados.”	10
2.1.1.2	Título: “Elaboración de una mezcla cementica y agregados de plástico reciclados, para fabricar ladrillos ecológicos.”	11
2.1.1.3	Título: “Elaboración de ladrillos vidriados de bajo peso y alto desempeño para uso ornamental y para la industria de la construcción.”	13
2.1.2	Antecedentes internacionales	15
2.1.2.1	Título: “Estudio de las características físico - mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado en el Municipio de Acacías.”	15
2.1.2.2	Título: “Ladrillos elaborados con plástico reciclado, para mampostería no portante”	16
2.2	Aspectos teóricos pertinentes	18
2.2.1	Los plásticos	18
2.2.1.1	Historia.....	18
2.2.1.2	Descripción	19
2.2.1.3	Tipos de plásticos.....	19
2.2.2	El PET (Tereftalato de polietileno)	20
2.2.2.1	Reciclaje del PET.....	22
2.2.3	Gravilla (arena gruesa)	22
2.2.4	Unidad de albañilería	23
2.2.4.1	Unidad de albañilería sólida (o Maciza)	23
2.2.4.2	Características generales	24
2.2.5	Fragua de forja	24



2.2.5.1	Equipos de protección a utilizar en una fundición.....	25
2.2.6	Muestreo de ladrillos.....	26
2.2.7	Ensayos necesarios:.....	27
2.2.7.1	Clasificación de ladrillos según la Norma Técnica Peruana E.070	27
2.2.7.2	Variabilidad dimensional:.....	27
2.2.7.3	Alabeo:.....	28
2.2.7.4	Resistencia a la compresión (F'b):.....	28
2.2.8	El problema del plástico.....	28
2.2.8.1	Contaminación en el Perú	29
2.2.8.2	Ley que regula el plástico de un solo uso en el Perú	29
2.2.8.3	Contaminación en la ciudad del Cusco.....	30
2.3	Hipótesis.....	31
2.3.1	Hipótesis general.....	31
2.3.2	Sub hipótesis	31
2.4	Definición de variables.....	31
2.4.1	Variables independientes.....	31
2.4.1.1	Indicadores de variables independientes:.....	31
2.4.2	Variables dependientes:.....	32
2.4.2.1	Indicadores de variables dependientes:.....	32
2.4.3	Cuadro de operalización de variables.....	33
Capitulo III: METODOLOGÍA		34
3.1	Metodología de la investigación.....	34
3.1.1	Enfoque de la investigación	34
3.1.2	Nivel o alcance de la investigación.....	34
3.1.3	Método de investigación	34
3.2	Diseño de la investigación.....	35



3.2.1	Diseño metodológico.....	35
3.2.2	Diseño de Ingeniería.....	36
3.3	Población y muestra.....	37
3.3.1	Población.....	37
3.3.1.1	Descripción de la población.....	37
3.3.1.2	Cuantificación de la población.....	37
3.3.2	Muestra.....	38
3.3.2.1	Descripción de la muestra.....	38
3.3.2.2	Cuantificación de la muestra.....	38
3.3.2.3	Método de muestreo.....	38
3.3.2.4	Criterios de evaluación de la muestra.....	39
3.3.3	Criterios de inclusión.....	39
3.4	Instrumentos.....	40
3.4.1	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.....	40
3.4.1.1	Medición de emisiones de gases del PET.....	40
3.4.1.2	Ensayo de variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET.....	41
3.4.1.3	Ensayo de alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET.....	42
3.4.1.4	Ensayo de densidad de los ladrillos de arena gruesa y PET.....	43
3.4.1.5	Absorción de los ladrillos de arena gruesa y PET.....	44
3.4.1.6	Ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de arena gruesa y PET ..	45
3.4.2	Instrumentos de ingeniería.....	46
3.4.2.1	Otros instrumentos.....	47
3.4.2.2	Equipos de protección personal.....	47
3.5	Procedimientos de recolección de datos.....	47
3.5.1	Proceso de fabricación de ladrillos de arena gruesa y PET como cementante. .	47
3.5.1.1	Materiales.....	47



3.5.1.2	Equipos	47
3.5.1.3	Equipos de protección personal	47
3.5.1.4	Procedimiento	48
3.5.2	Medición de emisiones de gases del PET	56
3.5.2.1	Equipos	56
3.5.2.2	Materiales.....	56
3.5.2.3	Procedimiento	56
3.5.2.4	Toma de datos	59
3.5.3	Variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET	60
3.5.3.1	Equipos	60
3.5.3.2	Procedimiento	60
3.5.3.3	Toma de datos	61
3.5.4	Alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET.....	62
3.5.4.1	Equipos	62
3.5.4.2	Procedimiento	62
3.5.4.3	Toma de datos	64
3.5.5	Densidad de los ladrillos de arena gruesa y PET	65
3.5.5.1	Equipos	65
3.5.5.2	Procedimiento	65
3.5.5.3	Datos	67
3.5.6	Absorción de los ladrillos de arena gruesa y PET.....	68
3.5.6.1	Materiales y equipos	68
3.5.6.2	Procedimiento	68
3.5.6.3	Toma de datos	70
3.5.7	Resistencia a la compresión de los ladrillos de arena gruesa y PET	71
3.5.7.1	Materiales y equipos	71



3.5.7.2 Procedimiento 71

3.5.7.3 Toma de datos 74

3.6 Procedimientos de análisis de datos 75

3.6.1 Medición de emisiones de gases del PET 75

3.6.2 Variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET 76

3.6.3 Alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET 82

3.6.4 Densidad de los ladrillos de arena gruesa y PET 84

3.6.5 Absorción de los ladrillos de arena gruesa y PET 87

3.6.6 Resistencia a la compresión de los ladrillos de arena gruesa y PET 88

3.6.7 Análisis de la confiabilidad 90

Capítulo IV: RESULTADOS 93

4.1 Resultado de medición de emisiones de gases del PET 93

4.2 Variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET 96

4.3 Alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET 97

4.4 Densidad de los ladrillos de arena gruesa y PET 98

4.5 Absorción de los ladrillos de arena gruesa y PET 100

4.6 Resistencia a la compresión de los ladrillos de arena gruesa y PET 100

Capítulo V: DISCUSIÓN 102

GLOSARIO 107

CONCLUSIONES 110

RECOMENDACIONES 113

REFERENCIAS 115

ANEXOS 118



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación del lugar donde se realizara la investigación	6
Tabla 2 Ubicación de la planta de producción	6
Tabla 3 Ubicación de cantera de arena gruesa	7
Tabla 4 Ubicación de planta de picado de PET	7
Tabla 5 Propiedades del PET	21
Tabla 6 Clasificación para fines estructurales.....	27
Tabla 7 Operalización de variables	33
Tabla 8 Hoja de recolección de datos para medición de emisión de gases.....	40
Tabla 9 Hoja de recolección de datos para ensayo de variación dimensional	41
Tabla 10 Hoja de recolección de datos para ensayo de alabeo	42
Tabla 11 Hoja de recolección de datos para ensayo de densidad.....	43
Tabla 12 Hoja de recolección de datos para ensayo de absorción.	44
Tabla 13 Hoja de recolección de datos para ensayo de resistencia a compresión	45
Tabla 14 Dosificación de ladrillos de PET y arena gruesa por volumen	50
Tabla 15 Costos y tiempos de fabricación de ladrillos de PET y arena gruesa.....	55
Tabla 16 Medición de emisión de gases.....	59
Tabla 17 Variación dimensional	61
Tabla 18 Ensayo de alabeo.....	64
Tabla 19 Ensayo de densidad	67
Tabla 20 Ensayo de absorción.....	70
Tabla 21 Resistencia a compresión	74
Tabla 22 Pesos moleculares de elementos registrados.....	75
Tabla 23 Conversión de PPM a $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de	75
Tabla 24 Tablas de estándares de calidad del aire de los elementos registrados.	76



Tabla 25 Máximos permisibles según los ECA del aire 76

Tabla 26 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 100%:
arena gruesa 0% para largo 77

Tabla 27 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 100%:
arena gruesa 0% para ancho..... 77

Tabla 28 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 100%:
arena gruesa 0% para alto 78

Tabla 29 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 80%:
arena gruesa 20% para largo 78

Tabla 30 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 80%:
arena gruesa 20% para ancho..... 79

Tabla 31 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 80%:
arena gruesa 20% para altura 79

Tabla 32 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 67%:
arena gruesa 33% para largo 80

Tabla 33 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 67%:
arena gruesa 33% para ancho..... 80

Tabla 34 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 67%:
arena gruesa 33% para alto 81

Tabla 35 Variación dimensional promedio en mm 81

Tabla 36 Variación dimensional promedio en porcentaje..... 81

Tabla 37 Resultados de ensayo de alabeo para una dosificación de PET 100%: arena gruesa 0%
..... 82

Tabla 38 Resultados de ensayo de alabeo para una dosificación de PET 80%: arena gruesa 20%
..... 83

Tabla 39 Resultados de ensayo de alabeo para una dosificación de PET 67%: arena gruesa 33%
..... 83

Tabla 40 Resultado de alabeo promedio 83



Tabla 41 Resultados de ensayo de densidad para una dosificación de PET 100%: arena gruesa 0% 85

Tabla 42 Resultados de ensayo de densidad para una dosificación de PET 80%: arena gruesa 20% 85

Tabla 43 Resultados de ensayo de densidad para una dosificación de PET 67%: arena gruesa 33% 86

Tabla 44 Resultados promedio de peso y de densidad en gr/m3 86

Tabla 45 Resultados de ensayo de absorción para una dosificación de PET 100%: arena gruesa 0% 87

Tabla 46 Resultados de ensayo de absorción para una dosificación de PET 80%: arena gruesa 20% 87

Tabla 47 Resultados de ensayo de absorción para una dosificación de PET 67%: arena gruesa 33% 88

Tabla 48 Resultados de absorción promedio..... 88

Tabla 49 Resultados de ensayo de resistencia la compresión para una dosificación de PET 100%: arena gruesa 0% 89

Tabla 50 Resultados de ensayo de resistencia la compresión para una dosificación de PET 80%: arena gruesa 20% 89

Tabla 51 Resultados de ensayo de resistencia la compresión para una dosificación de PET 67%: arena gruesa 33% 90

Tabla 52 Resultados de resistencia a compresión promedio..... 90

Tabla 53 Cálculo de alfa de Cronbach para el ensayo de resistencia a la compresión. 91

Tabla 54 Resultados obtenidos del ensayo de emisión de gases para una dosificación PET 100%: arena gruesa 0% en función al tiempo y comparado con las tablas ECA del aire 93

Tabla 55 Gráfico de temperatura y emisiones de CO en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para una dosificación PET 100%: arena gruesa 0% por ladrillo 93



Tabla 56 Resultados obtenidos del ensayo de emisión de gases para una dosificación PET 80%:
arena gruesa 20% en función al tiempo y comparado con las tablas ECA del aire ... 94

Tabla 57 Gráfico de temperatura y emisiones de CO en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para una dosificación PET 80%:
arena gruesa 20% por ladrillo 94

Tabla 58 Resultados obtenidos del ensayo de emisión de gases para una dosificación PET 67%:
arena gruesa 33% en función al tiempo y comparado con las tablas ECA del aire ... 95

Tabla 59 Gráfico de temperatura y emisiones de CO en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para una dosificación PET 67%:
arena gruesa 33% por ladrillo 95

Tabla 60 Resultados de variación dimensional promedio en milímetros..... 96

Tabla 61 Resultados de variación dimensional promedio en porcentaje 96

Tabla 62 Gráfico de variación dimensional promedio en milímetros 96

Tabla 63 Gráfico de variación dimensional promedio en porcentaje..... 97

Tabla 64 Resultado de alabeo en milímetros 97

Tabla 65 Gráfico de alabeo promedio en milímetros 98

Tabla 66 Resultados de peso promedio gr y densidad promedio en gr/cm^3 98

Tabla 67 Gráfico de peso promedio en gramos..... 99

Tabla 68 Gráfico de densidad promedio en gr/m^3 99

Tabla 69 Resultados de absorción promedio en porcentaje y volumen promedio en cm^3 100

Tabla 70 Gráfico de absorción promedio en porcentaje 100

Tabla 71 Resultados de resistencia a compresión en kg/cm^2 100

Tabla 72 Gráfico de resistencia a compresión en kg/cm^2 101



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: En el Cusco la mayor cantidad de edificaciones son construidas con ladrillos de arcilla.	1
Figura 2: Ladrillos de PET y arena gruesa.	2
Figura 3: Almacenamiento de ladrillos en San Jerónimo.	2
Figura 4: Proceso constructivo de muros para tabiquería - Cusco.....	3
Figura 5: Embalses de PET comerciales	21
Figura 6: Ciclo de reciclaje del PET	22
Figura 7: Ladrillo macizo	23
Figura 8: Fragua para fabricación de ladrillos.	24
Figura 9: Trabajadores con protección a altas temperaturas	26
Figura 10: Basura generada por plástico PET	30
Figura 11: Flujo grama de diseño de ingeniería.....	36
Figura 12: Valores de confianza para tabla Z	38
Figura 13: Cuña de alabeo.....	46
Figura 14: Regla metalica	46
Figura 15: Vernier o pie de rey	46
Figura 16: Determinación de temperatura ideal para fabricación de ladrillos	48
Figura 17: Primer ladrillo de PET y arena gruesa.....	49
Figura 18: Moldeado de ladrillo.....	49
Figura 19: Encendido de fragua de forja.....	50
Figura 20: Medición de temperatura durante fabricación.	51
Figura 21: Vertido de PET para mezclado.	51
Figura 22: Medición de temperatura previa ha moldeado.....	52
Figura 23: PET y arena gruesa en molde	52
Figura 24: Enrasar el PET y arena gruesa en caliente.....	53



Figura 25: PET y arena gruesa producido en diferentes dosificaciones. 53

Figura 26: Medicion de temperatura de PET y arena gruesa antes de enfriado. 54

Figura 27: Ladrillo de PET frio previo a desmolde. 54

Figura 28: Ladrillo desmoldado antes de tiempo. 55

Figura 29: Campana de extracción de gases 56

Figura 30: Mechero de bunsen 57

Figura 31: Medición de temperatura de crisol con PET..... 57

Figura 32: Medición de gases producidos por PET 58

Figura 33: Emisión de gases producidos por PET 58

Figura 34: Ensayo de variación dimensional 60

Figura 35: Herramientas para ensayo de alabeo..... 62

Figura 36: Ensayo de alabeo 63

Figura 37: Herramientas para ensayo de densidad..... 65

Figura 38: Medición de peso para densidad..... 66

Figura 39: Ladrillos en laboratorio de ingeniería civil de la Universidad Andina del Cusco.. 66

Figura 40: Ensayo de absorción 68

Figura 41: Pozo para absorción de agua..... 69

Figura 42: Secado de caras para ensayo 69

Figura 43: Placas de metal para ensayo de resistencia a compresión 71

Figura 44: Maquina de compresión axial 72

Figura 45: Ensayo de resistencia a compresión 72

Figura 46: Prueba de resistencia a compresión de ladrillo de PET y arena gruesa..... 73

Figura 47: Ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20%, sometido a compresión..... 73

Figura 48: Dimensiones de fabricación de ladrillo de PET y arena gruesa 84

Figura 49 Criterio de alfa de Cronbach para ver fiabilidad de datos 91

Figura 50: Máquina trituradora de PET 118



Figura 51: Material triturado por maquina	118
Figura 52: Fabricación de moldes para ladrillos	119
Figura 53: Molde para ladrillos terminado.....	119
Figura 54: Fabricación de ladrillos en fragua.....	120
Figura 55: PET procesado para Ladrillos.....	120
Figura 56: Pesado de PET para ensayo de emisión de gases	121
Figura 57: PET quemado después de ensayo de emisión de gases	121

Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

1.1.1 Descripción del problema

Nuestra ciudad del Cusco se encuentra en un crecimiento demográfico significativo por lo que nos lleva a una expansión territorial descontrolada y esto trae consecuencias; aumento y falta de control en la producción de residuos sólidos y además una alarmante necesidad de vivienda propia por lo que los costos de materiales de construcción y mano de obra aumentan con la demanda.

Figura 1: En el Cusco la mayor cantidad de edificaciones son construidas con ladrillos de arcilla.



Fuente: propia

En la ciudad del Cusco no se tiene planes o estrategias para el reciclado del PET (Tereftalato de polietileno) más que su almacenamiento o venta de algunos recicladores para la creación de ropa, y se hace evidente la necesidad de ladrillos por una demanda propia de la industria de la construcción, además de que los ladrillos cumplan con características de fabricación y resistencia considerados por la normativa que tiene sus parámetros establecidos para considerar un ladrillo como material estructural, en cuanto a la investigación que se llevó a cabo, se creó un ladrillo de arena gruesa de la cantera de Vicho y PET (Tereftalato de polietileno) el cual proviene de recicladores que lo trituran para la fabricación de ropa.

Se puede apreciar que en la ciudad del Cusco e incluso en el Perú el PET (Tereftalato de polietileno) no es utilizado como material de construcción sin contar que la adición de arena gruesa hace de esta mezcla un nuevo material el cual no se ha estudiado a profundidad.

Figura 2: Ladrillos de PET y arena gruesa.



Fuente: propia

Si se tiene en cuenta que la fabricación de ladrillos de arcilla crea una contaminación además que toma varios días, y los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante toman menos tiempo de fabricación y además en condiciones de fabricación ideal pueden emitir pequeñas cantidades de CO (monóxido de carbono) las cuales no llegan a ser contaminantes para el medio ambiente.

Figura 3: Almacenamiento de ladrillos en San Jerónimo.



Fuente: Ladrillos el Mirador

Figura 4: Proceso constructivo de muros para tabiquería - Cusco



Fuente: propia

1.1.2 Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general

¿Cuáles son las características físico mecánicas de ladrillos de arena gruesa y plástico PET como cementante en porcentajes de PET: 100% (PET 1: arena gruesa 0), 80% (PET 1: arena gruesa 0.25) y 67% (PET 1: arena gruesa 0.5), de acuerdo con a la norma técnica E.070?

1.1.3 Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema específico 1: ¿Cuál será el porcentaje de variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% de acuerdo a la norma técnica E.070?

Problema específico 2: ¿Cuál será la variación del alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% de acuerdo a la norma técnica E.070?

Problema específico 3: ¿Cuál será la densidad obtenida de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67%?

Problema específico 4: ¿Cuál será la absorción obtenida de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67%?



Problema específico 5: ¿Cuál será la resistencia a la compresión f'_b a la que llegaran los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% de acuerdo a la norma técnica E.070?

Problema específico 6: ¿Cuál es la dosificación óptima de PET y arena gruesa para la elaboración de ladrillos tipo IV según la norma técnica E.070?

1.2 Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación técnica

La investigación se realizó para determinar la característica físico mecánica de un nuevo tipo de ladrillo como es el ladrillo de arena gruesa y PET como cementante, teniendo en cuenta que el PET no es muy estudiado en las ramas de Estructuras y Construcciones en la Ingeniería Civil por lo que esta investigación dará un gran aporte en la especialidad de albañilería en la construcción y para los profesionales de Ingeniería Civil.

Al poder evaluar el PET y la arena gruesa con diferentes dosificaciones nos permite tener conocimiento sobre la resistencia a compresión que estará en los rangos establecidos por la Norma Técnica Peruana E.070 entre un ladrillo tipo III y tipo IV, mayor economía, menor densidad dependiendo de la dosificación; por esta razón se podrá controlar las cargas muertas generadas por la tabiquería de una edificación construida con este material.

1.2.2 Justificación social

Esta investigación aportará favorablemente a estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco y otras universidades, a profesionales ingenieros que trabajen en el área donde se desarrolla el tema, puesto que este trabajo de investigación será utilizado como un antecedente para realizar futuras investigaciones sobre el PET como material de construcción en la especialidad de Albañilería en la construcción y coadyuvar a la innovación de materiales y reciclado de plásticos.

La investigación se enfoca en la utilización de PET, un material que por sus características es utilizado principalmente en botellas de plástico y algunos textiles, el cual es contaminante por el exceso de generación de basura y la poca importancia de su reciclaje en nuestro medio, al ser reciclado para el uso en ladrillos; nos da una gran gama de opciones ya que es un material moldeable y reutilizable.



1.2.3 Justificación por viabilidad

La investigación es factible porque se cuenta en nuestro medio con un laboratorio que tiene todas las herramientas necesarias para desarrollar de manera óptima los ensayos requeridos para la investigación. Además se cuenta con un taller propio donde se elaboraron los moldes de los ladrillos, la fragua de forja que derrite el PET y otros elementos necesarios para la fabricación de ladrillos.

Los insumos utilizados en la fabricación de los ladrillos son: el PET que es plástico de botella obtenido de una planta de acopio de basura ubicada en Saylla y la arena gruesa de la cantera de Vicho en San Salvador.

En cuanto a la economía se cuenta con los recursos para la adquisición de insumos y el desarrollo de la investigación, de la misma manera se cuenta con información bibliográfica necesaria y conveniente como otros trabajos de investigación de tesis que se encuentran en la Universidad y las normas técnicas como; NTP E.070, NTP 400.012, NTP 400.006, NTP 399.600, NTP 399.604 y NTP 399.601 para el desarrollo de la investigación.

1.2.4 Justificación por relevancia

El tema de investigación es de gran importancia en el medio por el exceso de generación de basura y la necesidad de conocimiento de nuevos materiales que sean más económicos, resistentes y ambientales, para que sean utilizados de en la construcción.

Como estudiantes buscamos alternativas innovadoras para la producción de ladrillos que tengan características ideales de resistencia y economía, además de aportar con el reciclado de un material que contamina nuestro medio, elaborando un material que cumpla con las exigencias de la industria de la construcción.

1.2.5 Justificación medio ambiental

Actualmente la conciencia y el cuidado del medio ambiente debe ser tomado como un tema de mucha importancia, considerando que muchos de nuestros recursos naturales no son renovables y se deterioran por la falta de planes sostenibles, ya que en el Cusco se generan toneladas de basura de las cuales un porcentaje visible no es recolectado y se encuentra dispersado en diferentes lugares como lagos, ríos, bosques, etc.

Teniendo en cuenta que el material más desechado es el PET en botellas y diferentes embaces del uso diario, es necesario dar alternativas a su uso para reciclado ya que no existen planes o

proyectos para un reciclado en el Cusco, por lo que la creación de un ladrillo que tiene como materia prima esencial al PET y en ciertas dosificaciones la arena gruesa de la cantera de Vicho en San Salvador, creando un nuevo material y además dándole un nuevo uso al PET dentro de la Ingeniería como un material funcional y reciclable.

1.3 Limitaciones de la Investigación

1.3.1 Limitaciones geográficas

-) La investigación se realizó geográficamente en la ciudad del Cusco, que tiene las coordenadas UTM y geográficas:

Tabla 1 Ubicación del lugar donde se realizara la investigación

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LA CIUDAD DEL CUSCO	
COORDENADAS UTM (WGS84)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (grados, min, seg)
X : 178774.7 m	13° 31' 55.01" S
Y : 8502089.02 m	71° 58' 2.86" O
Zona : 19 L	

Fuente: Google Earth Pro.

-) La planta de producción y todos los elementos fabricados para la misma fueron construidos en la ciudad del Cusco, distrito de Santiago, departamento del Cusco.

Tabla 2 Ubicación de la planta de producción

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE PLANTA DE PRODUCCIÓN	
COORDENADAS UTM (WGS84)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (grados, min, seg)
X : 176591.47 m	13° 31' 55.02" S
Y : 8502674.53 m	71°59'15.18"O
Zona : 19 L	

Fuente: Google Earth Pro.

- J) La arena fina utilizada en la fabricación de los ladrillos se limita a la cantera de Vicho de la empresa con razón social “Constructora Apu Pirhuayani E.I.R.L.” que se halla ubicada aproximadamente a una distancia de 36 km. de la ciudad del Cusco, en la Provincia de Calca, distrito de San salvador, departamento de Cusco.

Tabla 3 Ubicación de cantera de arena gruesa

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE CANTERA	
COORDENADAS UTM (WGS84)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (grados, min, seg)
X : 201235.36 m	13°30'44.08"S
Y : 8504533.73 m	71°45'35.62"O
Zona : 19 L	

Fuente: Google Earth Pro.

- J) El PET fue recolectado por recicladores de los distritos Saylla y San Sebastián, limitando la el proceso de picado del PET al distrito de Saylla donde además se almacenaba para ser vendido.

Tabla 4 Ubicación de planta de picado de PET

COORDENADAS DE UBICACIÓN DE PLANTA DE PICADO DE PET	
COORDENADAS UTM (WGS84)	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (grados, min, seg)
X : 191972.21 m	13°33'41.85"S
Y : 8498960.89 m	71°50'45.57"O
Zona : 19 L	

Fuente: Google Earth Pro.



1.3.2 Limitaciones de diseño

-) Plástico PET picado de recicladores de los distritos Saylla y San Sebastián (Cusco)
-) Arena gruesa comprendido entre los tamices de 3/8" (pasante al 100%) y el tamiz N°200 (retenido máximo 1%) de la cantera de Vicho en el distrito de San Salvador.
-) Ladrillo de arena gruesa y PET en tres dosificaciones en porcentajes de: 100% (PET 1: Arena Gruesa 0), 80% (PET 1: Arena Gruesa 0.25) y 67% (PET 1: Arena Gruesa 0.5)
-) Moldes metálicos de 24cm x 12cm x 9cm.
-) Las normas técnicas peruanas usadas son: NTP E0.70, NTP 399.613
-) Los ensayos se realizaron en el laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Andina del Cusco.

1.4 Objetivo de la Investigación

1.4.1 Objetivo general

Evaluar las características físico mecánicas de ladrillos de arena gruesa y plástico PET como cementante en porcentajes de PET: 100% (PET 1: Arena Gruesa 0), 80% (PET 1: Arena Gruesa 0.25) y 67% (PET 1: Arena Gruesa 0.5), de acuerdo con a la norma técnica E.070.

1.4.2 Objetivos específicos

Objetivo específico 1: Determinar el porcentaje de variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% de acuerdo a la norma técnica E.070.

Objetivo específico 2: Determinar la variación del alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% de acuerdo a la norma técnica E.070.

Objetivo específico 3: Determinar la densidad obtenida de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67%.

Objetivo específico 4: Determinar la absorción obtenida de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67%.

Objetivo específico 5: Determinar la resistencia a la compresión f'_b a la que llegaran los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% de acuerdo a la norma técnica E.070.



Objetivo específico 6: Determinar la dosificación óptima de PET y arena gruesa para la elaboración de ladrillos tipo IV según la norma técnica E.070.



Capítulo II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual

Los siguientes trabajos de investigación han sido considerados porque en ellos se estudian unidades de albañilería y se busca un mejor conocimiento de los mismos. Teniendo en consideración la innovación y las normativas del caso:

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

2.1.1.1 Título: “Comportamiento sísmico de un módulo de dos pisos reforzado y construido con ladrillos ecológicos prensados.”

AUTORES: Javier Rojas Vargas y Ricardo Antonio Vidal Toche

AÑO: 2014

UNIVERSIDAD: Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima

RESUMEN:

Se desarrolló la tesis denominada: “Comportamiento sísmico de un módulo de dos pisos reforzado y construido con ladrillos ecológicos prensados.” con el objetivo de estudiar de manera experimental la conducta sísmica de un material no comercial como son los ladrillos ecológicos prensados, los cuales fueron fabricados a partir de una mezcla de suelo, agua y cemento, mezclados y tamizados de manera que puedan ser compactados por una prensa hidráulica que ejerce una fuerza aproximada de 7 toneladas.

Utilizando un procedimiento individualmente constructivo para este tipo de ladrillos ecológicos propuestos con antelación, donde el refuerzo de las columnas es de manera interna, utilizando unos alveolos fabricados y propuestos por los ladrillos para colocar un refuerzo en las tuberías para las instalaciones sanitarias y/o eléctricas.

Como punto de control se utilizó los principios de la norma de albañilería teniendo en cuenta que de esta manera se pueda comprobar si con los ladrillos ecológicos y con el refuerzo adecuado, es posible construir viviendas o edificaciones de hasta dos pisos de altura.

CONCLUSIONES:

-Existieron variaciones en las dimensiones presentadas en los ladrillos ecológicos prensados. Principalmente se encontraron diferencias en el grueso de la testa en donde se utilizó por la



necesidad juntas horizontales con un espesor mayor a 0.5 centímetros, llegando a juntas de 0.9 centímetros a 1.0 centímetros de espesor, las que afectan directamente la compresión axial y resistencia a fuerza cortante de la albañilería. En el futuro se deberá corregir y calibrar la propia prensa de fabricación hidráulica a fin de obtener unidades de albañilería que permitan desarrollar el proceso constructivo sin ningún tipo de juntas horizontales.

-La producción de las unidades de albañilería de suelo-cemento dio un rendimiento durante su fabricación por ladrillo aproximadamente de cada dos minutos por ladrillo. No se mostraron fisuras aparentes o visibles por contracción o variación volumétrica por secado, por lo que el curado utilizado fue el ideal para cada tipo de dosificación empleada en la fabricación.

-Considerando una dosificación que tiene una mezcla conformada a partir tierra arcillosa (65%), cemento (20%), arena fina (10%) y agua (5%) se lograron producir ladrillos de suelo cemento con una resistencia a la compresión de 99.5 kg/cm², valor superior a la resistencia mínima exigida por la Norma Técnica Peruana para Adobe E.080 (12 kg/cm²) y siendo equivalente a la resistencia característica a compresión de los ladrillos clase III (95 kg/cm²) de la Norma Técnica Peruana E.070.

2.1.1.2 Título: “Elaboración de una mezcla cementica y agregados de plástico reciclados, para fabricar ladrillos ecológicos.”

AUTOR: Alfonso Junior Valles Vargas

AÑO: 2014

UNIVERSIDAD: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Loreto

RESUMEN:

Se desarrolló la tesis denominada: “Elaboración de una mezcla cementica y agregados de plástico reciclados, para fabricar ladrillos ecológicos.” los residuos de las ciudades con un número considerable de pobladores constituye un problema difícil de solucionar. Considerando que actualmente los residuos de procedencia urbana son en gran mayoría enterrados lo cual ayuda y tampoco constituye una alternativa muy racional ni funcional, desde ese punto de vista económico y que tampoco es ambientalmente adecuado, ya que el tiempo de descomposición es variable según el tipo de material y las condiciones ambientales del suelo aire y radiación solar, haciéndose sumamente lento para ser considerando siquiera eficiente y haciendo de este el caso de todos los plásticos.



Pretendiendo crear una conciencia dentro de una ingeniería más sostenible y funcional es posible mediante la bio-construcción, campo muy amplio y poco estudiado en el que se debería poder trabajar de forma constante para obtener nuevas investigaciones. Esta tecnología de investigación llega a ser muy ambiciosa por su eficacia energética y sostenibilidad económica. Esta forma de idealizar la ingeniería es la que se propone y pretende tener un desarrollo en este trabajo de ladrillos puzolánicos que no cuenta con ninguna cocción, con el resultado de un material para crear una construcción que llegue a ser sostenible con un gran potencial y capacidad de cubrir y cumplir con las necesidades actuales y futuras que tenga la sociedad. Es sostenible desde un aspecto en que, se produce una nueva pieza para la construcción que elimina la emisión de gases como CO₂ (dióxido de carbono) a la atmósfera, y utiliza nuevos niveles de compactación que son mínimos y que incluso se pueden lograr por medio de estrujadoras manuales, basados en un simple mecanismo hidráulico que no requiere de grandes avances tecnológicos.

CONCLUSIONES:

-Los cuatro tratamientos utilizados para la investigación se comportaron de forma totalmente diferente en el incremento del porcentaje de humedad, el proceso basado en poner por 24 horas en agua a los ladrillos para la humedad, tras un proceso anterior de secado; donde se mostró un aumento en la humedad del 5% de forma muy parecida, esto está influenciado por la compactación de las unidades de ladrillos por el contenido de cemento en ellos, que los hace de una calidad muy baja, en comparación a otros posibles tratamientos en los cuales se observa que el contenido de concreto mucho menor y mayor contenido de plástico es mayor donde el contenido de porcentaje humedad tiende a ser mayor caso T1 con el 23%.

-El porcentaje de absorción en los cuatro tratamiento utilizados fue totalmente diferente altamente discordantes entre sí, con valores variables de manera importante que van de 23%, 8%, 5.3% y 5.5% de humedad respectivamente, lo cual nos indicó que se ha afectado por el grado de compactación del cemento en el cual el nivel de porosidad llega a ser mucho más bajo que de los ladrillos afectando y desmejorando su calidad, pero por su bajo porcentaje de humedad; aquellos ladrillos cuya humedad llegue a poder superar el 22 por ciento puede ser denominado como un ladrillo útil para zonas que sean expuestas a la intemperie y a climas agrestes por su facilidad en ganar humedad y en perderla.



-Con respecto a la capacidad de carga (capacidad portante), el tratamiento que llego a presentar el mejor comportamiento y con los mejores resultados fue el tratamiento con el 9,32 toneladas, antes de llegar a la deformación y/o ruptura del propio ladrillo, siendo el peor con la carga mínima de 4.87 toneladas.

-Respecto a la resistencia que se pudo obtener a la compresión el mejor tratamiento de la unidad fue con 27,7250 Kg/m², y el que obtuvo la menor resistencia con 14,5750 Kg/m².

-Basado en la Normatividad, Norma Técnica Peruana E.070, Norma Técnica Peruana 399.613, Norma Técnica Peruana 399.605; estos ladrillos llegan a tener una clasificación TIPO LADRILLO TIPO I ya que la compresión llego a ser mucho menor a 50 Kg/m², resistencia y durabilidad muy bajas.

2.1.1.3 Título: “Elaboración de ladrillos vidriados de bajo peso y alto desempeño para uso ornamental y para la industria de la construcción.”

AUTOR: Bush Yonnathan Manuel Coaguila

AÑO: 2015

UNIVERSIDAD: Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa

RESUMEN:

Se desarrolló la tesis denominada: “Elaboración de ladrillos vidriados de bajo peso y alto desempeño para uso ornamental y para la industria de la construcción.” Se desarrolló el trabajo donde se realizaron pruebas de laboratorio y de campo, inicialmente para poder caracterizar tanto mineralógicamente como a las muestras de arcilla extraída de la localidad de Polobaya, diatomita extraída de la localidad de Chiguata y Lodo de los minerales de Boro de Inkabor Sac, y físicas siendo las materias primas muy abundantes en la propia ciudad para llegar a ser utilizadas dentro de la industria ladrillera mecanizada y artesanal, la metodología que se pudo utilizar para identificar las propias materias primas incluyo determinación de propiedades, se realizó ensayos para calcular el porcentaje de humedad, peso específico, análisis granulométrico, límites de Atterberg (Limite de Retracción, Limite Liquido, Limite Plástico), densidad aparente y real de cada una de las muestras utilizadas.



Luego se llegó a definir con la formulación de las mezclas utilizando las dosificaciones para iniciar con toda la fabricación de los propios ladrillos para lo cual se llegó a buscar la metodología más adecuada para llegar a realizarse, se tomaron en cuenta algunos factores muy básicos, la composición de la propia pasta a partir de sus componentes, condiciones de secado y la temperatura durante la propia cocción, que son los factores que llegan a ser muy influyentes en el diseño de una mezcla para cerámica y de acuerdo con la experiencia.

CONCLUSIONES:

-Es admisible una producción de ladrillos vidriados que son ligeros y de arcilla cocida con muy buenas propiedades mecánicas y físicas empleando materias primas de la propia localidad así como: Diatomita de Chiguata, Acilla de Polobaya y Lodo de Inkabor SAC, cocido a 1000 grados centígrados, se utilizó también como un recubrimiento una capa de vidriado por el método de engobe para atribuirle mejores propiedades al cerámico la cual determino una resistencia a la compresión de 13.52 mega pascales y como agente fundente de la misma mezcla el Lodo de Inkabor SAC. ya que el bórax es un agente que disminuye el punto de vitrificación del material compuesto y según la norma de albañilería Noma Técnica Peruana E.070 que sería categorizado como de la mejor resistencia a la compresión para un ladrillo del tipo IV.

-El ladrillo vidriado ligero es 11.02 por ciento más liviano de una menor densidad que los ladrillos denominados tradicionales. Se logró obtener un ladrillo con una buena estabilidad y teniendo muy variación dimensional sin mostrar una aparente contracción ni absorción de agua, con una porosidad que puede considerarse muy adecuada y otras propiedades físico químicas que pueden ser consideradas como excelentes. Se determinó un porcentaje de hidrogenión neutro de la muestra apta para el uso ornamental decorativo.

-Se evaluó las propiedades visuales de absorbancia y trasmittancia sin llegar a observar algún resultado que pueda ser significativo al agregarle distintos tipos de pigmentos cerámicos al propio vidrio en el rango ultra violeta visiblemente llevado en el espectrofotómetro. Se realizaron pruebas para observar la posible resistividad y conductividad que nos arrojó como un resultado ideal que el ladrillo es un buen aislante térmico y eléctrico.



2.1.2 Antecedentes internacionales

2.1.2.1 Título: “Estudio de las características físico - mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado en el Municipio de Acacías.”

AUTORES: Schirley Andrea Molina Restrepo, Adriana Marcela Vizcaino Cagüño y Freddy David Ramírez Santamaría

AÑO: 2007

UNIVERSIDAD: Universidad de La Salle, Bogotá - Colombia

RESUMEN:

Se desarrolló la tesis denominada: “Estudio de las características físico - mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado en el Municipio de Acacías.” Teniendo en cuenta que una de las grandes finalidades como profesionales en ingeniería de construcción que se debe alcanzar, es generar un equilibrio entre las grandes y posibles necesidades de vivienda para una población que crece día a día y la conciencia en un desarrollo protegiendo el medio ambiente natural.

Teniendo en cuenta que los materiales plásticos, en oposición a la idea de considerarlos como grandes contaminantes de la naturaleza por no tener una propiedad de biodegradables en un tiempo corto, pueden constituirse como un gran inconveniente y a la vez una viable posibilidad no sólo la posibilidad de poder alcanzar ese equilibrio, además tener la capacidad de minimizar los gastos económicos y de tiempo durante la fabricación dadas su facilidad de producción y lo funcional al presentar propiedades como: resistencia a la corrosión y durabilidad, efectividad como aislante acústico ruido , de calor y de frío, de costo menor frente a otros materiales constructivos, fácil mantenimiento y limpieza, manipulación sencilla y instalación rápida, livianos y con una vida útil de gran duración por ser muy reciclables.

Teniendo en cuenta la consecuencia, el enfoque del propio proyecto de grado es el de poder llegar a analizar las propiedades físico mecánicas de los ladrillos de plástico que es reciclado como una propuesta para poder llegar reemplazar el ladrillo denominado tradicional de arcilla cocida, llegando a ser una posible opción que llegue a ser aplicable en la construcción de viviendas para un uso que pueda ser social.

**CONCLUSIONES:**

-La unidad de albañilería denominada ladrillo de plástico reciclado utilizado en este proyecto tiene una combinación de 70 por ciento de Tereftalato de polietileno y 30 por ciento de polímero de alta densidad lo que lo hace un ladrillo liviano por el peso específico de la materia prima y a su vez por su alto contenido de Tereftalato de polietileno un material combustible de muy baja propagación de llama y buen aislante térmico.

-Después de someter la unidad al ensayo de alabeo el ladrillo de plástico reciclado mostro que sus caras son uniformes lo que lo hace de fácil el acoplamiento y la instalación, y en su angulosidad presentó una variación mínima de de 0.8 milímetros.

-De los propios ensayos mecánicos que se realizaron al ladrillo de plástico reciclado estándar se concluyó lo siguiente; teniendo en cuenta como referencia principal a las Normas Técnicas Colombianas: tiene muy bajo porcentaje de absorción de humedad en promedio de 0,29 por ciento y al ser sometidos a fuerzas de flexión del propio ladrillo se llega a romper a un ángulo de 45 grados aproximadamente soportando una carga promedio de 832.00 Pascales, lo que lo hace un ladrillo con características que lo hacen altamente resistente a una posible rotura de la unidad, el ladrillo de plástico reciclado tiene como grado de resistencia a la compresión horizontal de 212,6 Kg/cm² y de manera verticalmente 239 Kg/cm² y se llega a clasificar como un material frágil según las Normas Técnicas Colombianas y su análisis de deformación.

-Se debe considerar defecto principal, el no cumplimiento de la resistencia y como defecto secundario el no cumplimiento de la absorción. El no cumplimiento de la resistencia motiva además al rechazo de los especímenes, mientras que el incumplimiento de la absorción queda condicionado a los demás requisitos de calidad que establece la norma.

2.1.2.2 Título: “Ladrillos elaborados con plástico reciclado, para mampostería no portante”

AUTOR: Pedro Javier Angumba

AÑO: 2016

UNIVERSIDAD: Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador

RESUMEN:



Se desarrolló la tesis denominada: “Ladrillos elaborados con plástico reciclado, para mampostería no portante” En la presente investigación se usó el plástico reciclado para la fabricación de ladrillos que serían utilizados en la construcción de mampostería con capacidades no portantes. Inicialmente llego a realizar la caracterización de los propios residuos sólidos que se generan en la ciudad de Cuenca, donde el 22,7 por ciento del total recolectado en la basura es material plástico, que se desechan de manera libre y sin un tratamiento previo. De la misma manera se investigan las características del plástico, Polietileno Teraflarato para descartar efectos que podrían ser muy nocivos al momento de ser incluidos en la propia mezcla para la fabricación con los materiales tradicionales como son el agua y cemento, agregado denominado fino.

Se llegaron a producir unidades de ladrillos con dimensiones de 20 centímetros x 10 centímetros x 6 centímetros con una adición de Polietileno Teraflarato al 10%, 25%, 40%, 55%, 65% y 70% en sustitución de la arena fina. Luego se llegó a desarrollar diferentes ensayos para desarrollar una idea del material y con la finalidad de por comparar con los ladrillos de arcilla que son usados comúnmente en la región y poder analizar el propio material para usos como mampostería que no sea portante según los estándares y lineamientos que se establecen por las Normas Ecuatorianas.

Después de haber realizado los ensayos y analizar la todos los datos obtenidos como resultado un ladrillo óptimo con porcentaje de 25 de adición de Polietileno Teraflarato. Mostrándose que se fue sometido a un estudio térmico donde se analizó mediante una simulación en el programa Desingbuilder, obteniendo como resultados niveles de ideales para el confort y se determinó que se mejora calidad en viviendas.

CONCLUSIONES:

-El estudio de investigación llega a ser una alternativa que puede ser válida, para llegar a destinar la mayoría de los residuos sólidos plásticos, que se llegaron a desear libremente pues además de darle una utilidad más funcional y económica, contribuye de manera directa con el medio ambiente, teniendo un enfoque de que llega a ser de conciencia para la reutilización y el reciclaje.

-La experiencia que se observó en campo al realizar la recolección de materia prima en distintos lugares de la ciudad de Cuenca, nos permitió comprobar de manera satisfactoria el grado de aceptación social por parte de los pobladores del producto a la vez que se llega a plantea una nueva solución a la problemática ambiental existente.



-Según datos obtenidos de la Empresa Municipal de Aseo de Calles, del total de los residuos sólidos producidos y recolectados en la propia ciudad de Cuenca, el porcentaje de 22,7 es plástico lo que representa 2,27 toneladas en una semana siendo las industrias de bebidas las mayores generadoras de botellas de plástico (Poliétileno Teraflarato).

-El plástico Poliétileno Teraflarato, es un material inerte de características funcionales, es decir no presenta muchos cambios químicos y esta constituido en una base de carbono, tales como la de liberar una energía, almacenar agua o absorbe, por lo que no se considera como un material ofensivo para ser utilizado con el concreto.

2.2 Aspectos teóricos pertinentes

2.2.1 Los plásticos

“El vocablo plástico se tiene un posible origen en las raíces latinas, de la voz *plastus*, y a la vez esta llega a derivarse del propio griego *plastikos* o *plastikos* compuesta por *plastos* que denota modelado, fingido o modelado. El diccionario de la RAE llega a definir la palabra plástico de una manera que parece muy general como adjetivo que es perteneciente o relativo a la plástica.” (General, 2018)

“El plástico se entiende como todo material que tiene propiedades de ser sólido o fuerte, con origen sintético o semi-sintético y que vienen en diferentes presentaciones y tamaños creados por la mano del hombre; es decir son productos fabricados a base de polímeros orgánicos (por tener una base de carbono), elaborados por alteración química de ciertas sustancias sintéticas o naturales, partiendo de una materia prima que pueden ser de origen orgánico o inorgánico.” (Fredy, 2018)

2.2.1.1 Historia

“Para remontar los inicios del plástico observamos que se origina como resultado de un concurso realizado en el año 1860, exactamente en Estados Unidos donde una empresa fabricante de bolas de billar de marfil *Phelan and Collander* ofreció una recompensa de 10 mil dólares a quien pudiera lograr un sustituto aceptable del marfil natural, destinado a la fabricación de bolas de billar. Una de las personas que compitieron fue el inventor norteamericano *Wesley Hyatt*, quien desarrolló un método de procesamiento a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol”. (Hornbostel, 1999)



2.2.1.2 Descripción

El plástico como material es orgánico y está formado por polímeros constituidos por cadenas largas de átomos que llegan a contener en su mayoría una base de carbono. Otros elementos que llegan a contener al plástico pueden ser hidrogeno, oxígeno, azufre y nitrógeno.

El plástico por su procedencia puede ser de dos tipos:

-Sintéticos (artificiales): normalmente se conoce a este tipo de plásticos como los que se llegan a producir a partir de derivados del petróleo o el gas natural y los algunos casos del mismo carbón. Actualmente como la mayoría de los plásticos que están en el mercado son fabricados de una destilación del petróleo y teniendo en cuenta que se refina un porcentaje del petróleo para la industria del plástico

-Naturales: este tipo de plásticos se llega a obtener de la elementos de materia prima natural y llegan a ser biodegradables por lo general se elabora de la celulosa de algunos árboles y vegetales dependiendo de la necesidad se pueden lograr desarrollar elementos utilizados en nuestra cotidianidad.

2.2.1.3 Tipos de plásticos

Existen diferentes tipos de plásticos, para delimitarlos en dos grupos principales de polímeros:

- ✓ Los plásticos con características termoestables (que nunca se ablandan una vez que se han moldeado)
- ✓ Los plásticos características termoplásticos (que se ablandan al calentar y luego se endurecen nuevamente al enfriarse)

Ejemplos de termoplásticos:

-) Polimetil metacrilato (PMMA)
-) Poliestireno (PS)
-) Poliestireno expandido (EPS)
-) Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)
-) Policarbonato (PC)
-) Polietileno (PE)
-) Tereftalato de polietileno (PET)
-) Cloruro de polivinilo (PVC)

**Ejemplo de termoestables:**

-) Politetrafluoroetileno (PTFE)
-) Resinas de poliéster insaturado (UP)
-) Epóxido (EP)
-) Fenol-formaldehído (PF)
-) Poliuretano (PUR)

2.2.2 El PET (Tereftalato de polietileno)

“Es un material fuerte de peso ligero de poliéster claro. Se usa para hacer recipientes para bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros, y otros.” (García, 2006)

Propiedades y características del plástico PET:

Presenta como características más relevantes:

-) El tereftalato de polietileno tiene alta resistencia al desgaste (por la capacidad de deformación) y corrosión (resistencia a ácidos y bases).
-) Muy buen coeficiente de rozamiento o coeficiente de fricción.
-) Buena resistencia química por resistir a ácidos y tener barreras protectoras.
-) Resistencia térmica buena con respecto a otros plásticos.
-) Aceptable barrera a O₂ (oxígeno), muy buena barrera a CO₂ (dióxido de carbono) e impermeable con barrera de humedad.
-) Reciclable, ya que al ser un material termoplástico puede modificarse su forma para reutilizarse.
-) Su uso es admisible para productos que deban estar en algún contacto con alimentos siempre que pueda ser un tereftalato de polietileno virgen de primer uso.

“Las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las que el material haya alcanzado un desarrollo relevante en la producción de fibras textiles y en la producción de una gran diversidad de envases, especialmente en la producción de botellas, bandejas, flejes y láminas.” (García, 2006)

Tabla 5 Propiedades del PET

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	g/cm ³	1,34 – 1.39
Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0.01 – 0.04
Dureza	--	Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 ⁻⁴ / °C	15.2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)	--	3.65
Absorción de agua (24 h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	--	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	--	Excelente
Calidad óptica	--	Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 - 254

Fuente: Industria del Plástico. Plástico Industrial. Richardson & Lokensgard.

Figura 5: Embalses de PET comerciales



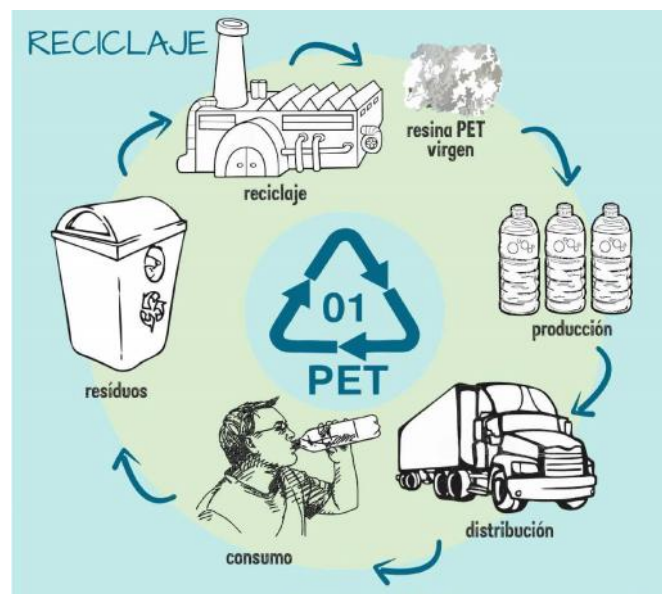
Fuente: ecogestos.com

2.2.2.1 Reciclaje del PET

“El PET es el plástico más reciclado del mundo. La infraestructura del reciclado del PET está bien establecida, desde la recogida y separación hasta los procedimientos adicionales y su uso final. El PET puede ser reciclado múltiples veces, pero para uso alimentario solo se permite un 1er nivel de reciclaje, pasado este nivel se utiliza para una amplia variedad de productos finales como: fibra, fibra de relleno textil, correas, y botellas y envases para usos no alimentarios como detergentes y productos fitosanitarios.” (Ecoologic, 2019)

Las botellas de PET son de resina y también de PET Virgen (el PET virgen es un material no reciclado de un primer uso) y con esto se llega a mantener un incapacidad de hacer daño por los alimentos que se lleguen a consumir puesto que ciertos alimentos puedan reaccionar químicamente con el PET

Figura 6: Ciclo de reciclaje del PET



Fuente: ecoologic.com

2.2.3 Gravilla (arena gruesa)

Para el objetivo de estas especificaciones, se denominara gravilla a la porción de material comprendido entre los tamices de 3/8” (pasante al 100%) y el tamiz N°200 (retenido máximo 1%).

La gravilla deberá proceder del chancado de canto rodado, ser limpios, duros y de superficie rugosa, libre de cualquier sustancia, que impida la adhesión con su cementante.

2.2.4 Unidad de albañilería

Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal, puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular.

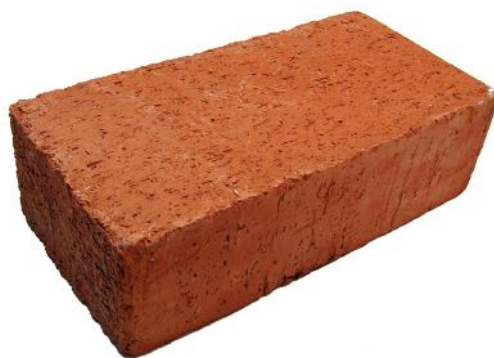
“Las unidades empleadas en las construcciones de albañilería son básicamente hechas de arcilla (cerámicas), arena-cal (sílico-calcáreo) y de concreto. De acuerdo a su tamaño, éstas son denominadas ladrillos y bloques. Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una mano; y bloques, cuando por su peso y dimensiones se tiene que emplear ambas manos.” (San Bartolomé, Construcciones de Albañilería Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural, 2011)

“Los ladrillos son las unidades con las cuales se levantan los muros y se aligerar el peso de los techos. Existen ladrillos de diferentes materiales: concreto, silicio calcáreos, etc., pero los más usados para una casa son los de arcilla. Éstos se obtienen por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa. Sus medidas son diversas y son fabricados de un tamaño que permita manejarlos con una mano. Sus dimensiones dependen del lugar donde van a ser colocados (muros, techos, etc.).” (Aceros Arequipa, 2010)

2.2.4.1 Unidad de albañilería sólida (o Maciza)

“Se denomina como una unidad de albañilería sólida siempre que tenga una sección transversal en cualquiera de las caras que sea superficie de asiento tiene un área mayor o igual que el 70% de la propia área bruta en el mismo plano.” (Peruano, 2006)

Figura 7: Ladrillo macizo



Fuente: ladrillerabloquesolido.com

2.2.4.2 Características generales

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

Las unidades de albañilería a las que se refiere en la norma a ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.

Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.

2.2.5 Fragua de forja

“Una fragua es un fogón que se usa principalmente para forjar metales. Generalmente es una estructura de ladrillo o piedra, cubierta de rejillas, en la cual se aviva el fuego pasando una corriente de aire horizontal por medio de un fuelle manual o mecánico. También se llama fragua al taller del herrero, que generalmente tiene un fogón de estos.” (Española, 2014)

“La palabra fragua proviene del latín fabrica tras pasar por una serie de cambios fonéticos, y conservando el significado de «fábrica». «Fraguar» se usa como verbo tanto en el sentido directo de forjar un metal, como en el figurado de concebir una idea o plan.” (Pingarrón, 2019)

Figura 8: Fragua para fabricación de ladrillos.



Fuente: propia



2.2.5.1 Equipos de protección a utilizar en una fundición

“Podemos definir fundición como el proceso por el que la materia prima es llevada de un estado sólido a un estado líquido mediante el aporte de una fuente de calor. Durante este proceso se introducen una serie de composiciones químicas por lo que obtendremos nuevas propiedades en la materia prima.” (Fal Seguridad, 2017)

En las fundiciones como en el resto de actividades del sector, observamos casi la totalidad de riesgos de los cuales se destaca los siguientes:

-) **Posible caída de objetos pesados** (materia prima cargada en los hornos)
-) **Daño calor:** Las enfermedades por estrés térmico constituyen un importante riesgo debido a la radiación infrarroja procedente de hornos y el metal en proceso de fusión.
-) **Daño quemaduras** por proyección del metal fundido.
-) **Trabajo con sobreesfuerzos** por levantamiento de cargas.
-) **Posibles riesgos químicos:** Durante el proceso de fusión existe una sobreexposición a gases y otras sustancias que son altamente dañinas para el trabajador.
-) Contactos directos o indirectos con **electricidad**.
-) **Cortes** por objetos móviles e inmóviles.
-) Exposición a **vibraciones**.

“Dada la cantidad de riesgos que existen en las fundiciones, es preciso realizar una exhaustiva evaluación de riesgos para que los responsables de prevención puedan adoptar las medidas oportunas. Eliminar los riesgos por completo no siempre es posible por lo que es necesario valorar aquellos que puedan ser minimizados a través de una serie de medidas generales en cuanto a seguridad y salud de los trabajadores en su puesto de trabajo.” (Fal Seguridad, 2017)

Los **equipos de protección individual** más comunes para trabajadores de una fundición son:

-) **Vestuario laboral:** Confeccionado con tejido ignífugo, que repela las salpicaduras y minimice la transferencia de calor, evitando que arda o se produzcan quemaduras. Es importante la combinación de colores para facilitar la visibilidad de los operarios.
-) **Calzado de seguridad:** Los requisitos básicos que debe cumplir son la calidad de los materiales utilizados para su fabricación; resistencia en la punta para evitar aplastamientos por caídas de objetos; capacidad de la suela para absorber energía; suela

antideslizante, aislamiento eléctrico y térmico; diseño ergonómico y facilidad de mantenimiento.

-) **Protección facial, ocular y de la cabeza:** Cascos y gafas protectoras frente a impactos a alta velocidad; pantalla facial para protección frente a impactos a velocidad media y protección frente a radiaciones térmicas.
-) **Protección respiratoria:** Filtros de boquilla, mascarilla o máscaras dependiendo del tipo de contaminantes a los que se esté expuesto.
-) **Protección auditiva:** Orejeras protectoras del ruido o tapones, dependiendo de la intensidad y tiempo que se esté expuesto al mismo.
-) **Guantes:** Deben proteger acciones mecánicas, eléctricas, térmicas y químicas.

Figura 9: Trabajadores con protección a altas temperaturas



Fuente: eppseguridad.com

2.2.6 Muestreo de ladrillos

“El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.” (Peruano, 2006)

2.2.7 Ensayos necesarios:

Los ensayos nos permiten identificar el tipo de ladrillo a partir de:

Tabla 6 Clasificación para fines estructurales.

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b (kg/cm ²)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
LADRILLO I	± 8	± 6	± 4	10	4,9(50)
LADRILLO II	± 7	± 6	± 4	8	6,9(70)
LADRILLO III	± 5	± 4	± 3	6	9,3(95)
LADRILLO IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7(130)
LADRILLO V	± 3	± 2	± 1	2	17,6(180)
BLOQUE P	± 4	± 3	± 2	4	4,9(50)
BLOQUE NP	± 7	± 6	± 4	8	2,0(20)

Fuente: Norma Técnica Peruana E0.70

2.2.7.1 Clasificación de ladrillos según la Norma Técnica Peruana E.070

-) TIPO I: Resistencia y durabilidad muy bajas, apta para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencia mínima.
-) TIPO II: Resistencia y durabilidad bajas, apta para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderados.
-) TIPO III: Resistencia y durabilidad media, apta para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosos.
-) TIPO IV: Resistencia y durabilidad altas, apta para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosos.
-) TIPO V: Resistencia y durabilidad altas, apta para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosos.

2.2.7.2 Variabilidad dimensional:

“Las dimensiones de la unidad, según la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería, se miden en cada unidad entera: el largo, el ancho y la altura con una precisión al milímetro. El valor de cada uno se obtiene como promedio de las cuatro mediciones.” (Peruano, 2006)



2.2.7.3 Alabeo:

El alabeo se puede presentar en una unidad como concavidad o convexidad, la concavidad se mide colocando una cuña graduada donde se produzca la flecha máxima teniendo como referencia horizontal una regla metálica, la convexidad se mide colocando cuñas al extremo de la regla. Los resultados se obtienen de la lectura de la concavidad y convexidad los cuales se dan en milímetros.

2.2.7.4 Resistencia a la compresión (F'b):

El ensayo de resistencia a la compresión se ha elaborado según la Norma ASTM C1019. Este ensayo se ha ejecutado con medias unidades y en las caras de aplicación de carga se ha colocado un “capping” de yeso que permite una distribución de esfuerzos uniforme y su espesor fue de 3 mm en promedio. La carga se ha aplicado a una velocidad constante. Por otro lado se ha observado que las unidades perforadas son asimétricas por ello existe una distribución de esfuerzos no uniforme. Convendría usar unidades enteras para correlacionar su resistencia.

2.2.8 El problema del plástico

“Basuras que llegan al mar, en especial las de tipo plástico, están matando a más de un millón de aves marinas y unos 100.000 mamíferos y tortugas marinas cada año. El material plástico afecta a la fauna de maneras importantes: cuando las criaturas se enredan en él, se les incrusta en el cuerpo y cuando lo ingieren. Tortugas: La contaminación plástica afecta especialmente a las tortugas. Las siete especies mundiales de tortuga o están en peligro, o están amenazadas por varias causas. Las tortugas se enredan en las redes de pesca y en algunos casos se han encontrado tortugas con bolsas de plástico en el estómago. La teoría es que las tortugas comen las bolsas semi-transparentes flotantes por su parecido con las medusas. Las tortugas mueren bien asfixiadas, bien por no poder comer. Fue revelado que una tortuga muerta encontrada cerca de Hawai en el Pacífico tenía más de 1.000 trozos de plástico en el estómago, entre ellos un peine, la rueda de un camión de juguete y un poco de hilo de nylon.” (Barbarin, 2017)

“Mamíferos marinos: Hay mucha preocupación acerca del efecto que la basura plástica tiene sobre los mamíferos marinos en particular, ya que debido a varias causas muchas de estas criaturas ya están en peligro. Por ejemplo la población de ballenas ha sido diezmada por la caza incontrolada. Un informe reciente de Estados Unidos concluye que 100.000 mamíferos marinos mueren cada año en los océanos del mundo por causas como comer o enredarse en la basura plástica, situación que empeora. Cuando un mamífero marino tal como una foca se enreda con



un trozo grande de plástico, puede simplemente ahogarse o agotarse y morir de hambre debido al esfuerzo mayor que necesita para nadar. También el plástico le puede causar una muerte lenta que va desde unos meses a unos años, debido a cortes, heridas y pérdidas de sangre y mutilaciones que este ha provocado.” (Barbarin, 2017)

“Las aves marinas: Mundialmente unas 75 especies de ave marina han ingerido basura plástica. Un estudio reciente de las crías de Blue Petrel que habitan en una isla remota de Sudáfrica llamada Marion Island demostró que el 90% de las crías examinadas tenían plástico en el estómago. Aparentemente los padres dan plástico a sus crías accidentalmente. Los plásticos se quedan en el estómago obstruyendo la digestión y posiblemente provocando una muerte por hambre. Pequeños trozos de plástico también han sido encontrados en los estómagos de unas crías de Storm Petrel de Wilson en la Antártica. “ (Barbarin, 2017)

2.2.8.1 Contaminación en el Perú

“El plástico es uno de los materiales que más deteriora el medio ambiente, tarda en desaparecer de la Tierra aproximadamente 1,000 años, razón por la que muchos países prohíben el uso de bolsas con este material y otros, les han cargado mayores impuestos a productos descartables hechos de plástico. Es importante saber que las botellas plásticas no deben reutilizarse, ya que pueden provocar contaminación bacteriana, debido a uno de sus principales componentes: el bisfenol A, que provoca efectos nocivos para la salud como la diabetes, procesos alérgicos, enfermedades cardiovasculares y hasta cáncer.” (Montero Reyes, 2018)

“El 30% de los productos fabricados de plástico son utilizados solo una vez. En Lima se consumen alrededor de 3,000 millones de bolsas plásticas y el 94% de los comercios del país utiliza exclusivamente bolsas de plástico como empaque para el despacho de sus productos” (Montero Reyes, 2018)

2.2.8.2 Ley que regula el plástico de un solo uso en el Perú

“La norma tiene como objetivo contribuir en el derecho que tiene toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, reduciendo para ello el impacto adverso del plástico de un solo uso, de la basura marina plástica, fluvial y lacustre y de otros contaminantes similares, en la salud humana y del ambiente.” (Ministerio del Ambiente, 2018)

-) La ley N° 30884 establece que exista una reducción progresiva: Los supermercados, autoservicios, almacenes y comercios en general, en un plazo de 3 años (36 meses)

desde la entrada en vigencia de la ley, deben reemplazar de forma progresiva la entrega de bolsas de plástico no reutilizables por bolsas reutilizables y/o biodegradables.

- J) Se crea también el Impuesto Nacional a las Bolsas de Plástico, que gravará la adquisición de bolsas de plástico que tengan como finalidad cargar bienes. Serán sujetos a este impuesto, en calidad de contribuyentes, las personas naturales o jurídicas que opten por adquirirlas.

Este impuesto será cobrado desde el 1 de agosto del 2019 y se dará de manera gradual por cada bolsa de plástico, de acuerdo con el siguiente cronograma: S/ 0,10 en el 2019, S/0,20 en el 2020, S/0,30 en el 2021, S/0,40 en el 2022 y S/0,50 en el 2023 y años subsiguientes.

2.2.8.3 Contaminación en la ciudad del Cusco

A pesar de ser uno de los destinos turísticos más importantes del Perú, Cusco aún tiene otras deficiencias como es el tratamiento de la basura, y ante ello el director ejecutivo del Instituto del Medio Ambiente (IMA) el año 2014, Carlos Lovón Mosqueira, manifestó la necesidad de declarar en emergencia la ciudad imperial. Sostuvo que la producción de la basura se incrementa día a día, pues hoy Cusco ya produce 350 toneladas diarias; sin embargo, no todas son recogidas y muchas de ellas van a parar a las cuencas, como es el Huatanay. Para ello, sostuvo que ya tuvieron una primera coordinación con los alcaldes distritales para que el problema de la basura sea abordado con mayor responsabilidad. "El problema de los residuos sólidos y líquidos es cada vez más fuerte, día a día por ejemplo el río Huatanay es contaminado por los desagües y otras basuras" (Castañeda Prada, 2014)

Figura 10: Basura generada por plástico PET



Referencia: www.palermo.edu



2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

Las características físico mecánicas de ladrillos de arena gruesa y plástico PET como cementante en porcentajes de PET: 100% (PET 1: Arena gruesa 0), 80% (PET 1: Arena gruesa 0.25) y 67% (PET 1: Arena gruesa 0.5), cumplirán con a la NTP E.070.

2.3.2 Sub hipótesis

Sub Hipótesis 1: El porcentaje de variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% de acuerdo a la norma E.070 para un ladrillo tipo IV.

Sub Hipótesis 2: La variación del alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% de acuerdo a la norma E.070 para ladrillo IV.

Sub Hipótesis 3: La densidad obtenida de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% será menor a la de los ladrillos comerciales.

Sub Hipótesis 4: La absorción obtenida de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67%; será mínima por que el PET no absorbe humedad.

Sub Hipótesis 5: La resistencia a la compresión f'_{cb} a la que llegaran los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% cumplirá de acuerdo a la norma E.070 para un ladrillo tipo IV.

Sub Hipótesis 6: La dosificación óptima de PET y arena gruesa estará entre PET: 100% y 80% para la elaboración de ladrillos tipo IV según la normativa E.070.

2.4 Definición de variables

2.4.1 Variables independientes

- Plástico PET
- Arena gruesa

2.4.1.1 Indicadores de variables independientes:

- Cantidad de plástico PET
- Cantidad de arena gruesa



2.4.2 Variables dependientes:

- Ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67%.

2.4.2.1 Indicadores de variables dependientes:

- Variabilidad de resistencia a compresión
- Variabilidad de absorción
- Variabilidad dimensional
- Variabilidad alabeo
- Variabilidad densidad

2.4.3 Cuadro de operalización de variables

Tabla 7 Operalización de variables

OPERALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE				
Plástico PET	-Particular mente se entiende que el PET es tereftalato de polietileno que es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Siendo el tereftalato de polietileno un termoplástico.	% Plástico PET	Cantidad de plástico PET	Fichas de laboratorio
Arena gruesa	-Para el objetivo de estas especificaciones, se denominara arena gruesa a la porción de material comprendido entre los tamices de 3/8" (pasante al 100%) y el tamiz N°200 (retenido máximo 1%).	% Arena gruesa	Cantidad de arena gruesa	
VARIABLE DEPENDIENTE				
Ladrillo	El ladrillo en esta investigación será el ladrillo de PET y arena gruesa con las dosificaciones plateadas conociéndose como el ladrillo a un elemento de construcción, que por su tamaño y volumen se puede manipular con una mano.	Propiedades de la unidad	-Dosificación -Variabilidad de resistencia a compresión -Variabilidad de absorción -Variabilidad dimensional -Variabilidad alabeo -Densidad	Fichas de laboratorio



Capítulo III: METODOLOGÍA

3.1 Metodología de la investigación

3.1.1 Enfoque de la investigación

“El tipo de investigación es del **TIPO CUANTITATIVA**, ya que es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no se puede “brincar” o eludir pasos, utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento de probar teorías.” (Hernández Sampieri, 2014)

La presente investigación busca englobar los resultados encontrados en los diferentes ensayos realizados de un grupo de muestras, de ladrillos de arena gruesa y PET como cementante.

3.1.2 Nivel o alcance de la investigación

“La investigación es de nivel **DESCRIPTIVO - RELACIONAL**, descriptivo ya que se hace un análisis y una descripción de las variables intervinientes en la investigación, relacional porque estamos relacionando o asociando las variables independientes con las dependientes.” (Hernández Sampieri, 2014)

La presente investigación busca detallar las diferentes propiedades analizadas en los ensayos indicados por la NTP E.070 para ladrillos de arena gruesa y PET como cementante, esto para comprender la relación que tienen las variables planteadas en esta investigación.

3.1.3 Método de investigación

“El método utilizado en la investigación es el método **HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO** ya que esta tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una **hipótesis** para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.” (Hernández Sampieri, 2014)

Se utiliza este método ya que es preciso que en esta investigación se proponga hipótesis, las cuales serán probadas o rechazadas mediante resultados provenientes de distintos ensayos realizados a ladrillos de arena gruesa y PET como cementante.



3.2 Diseño de la investigación

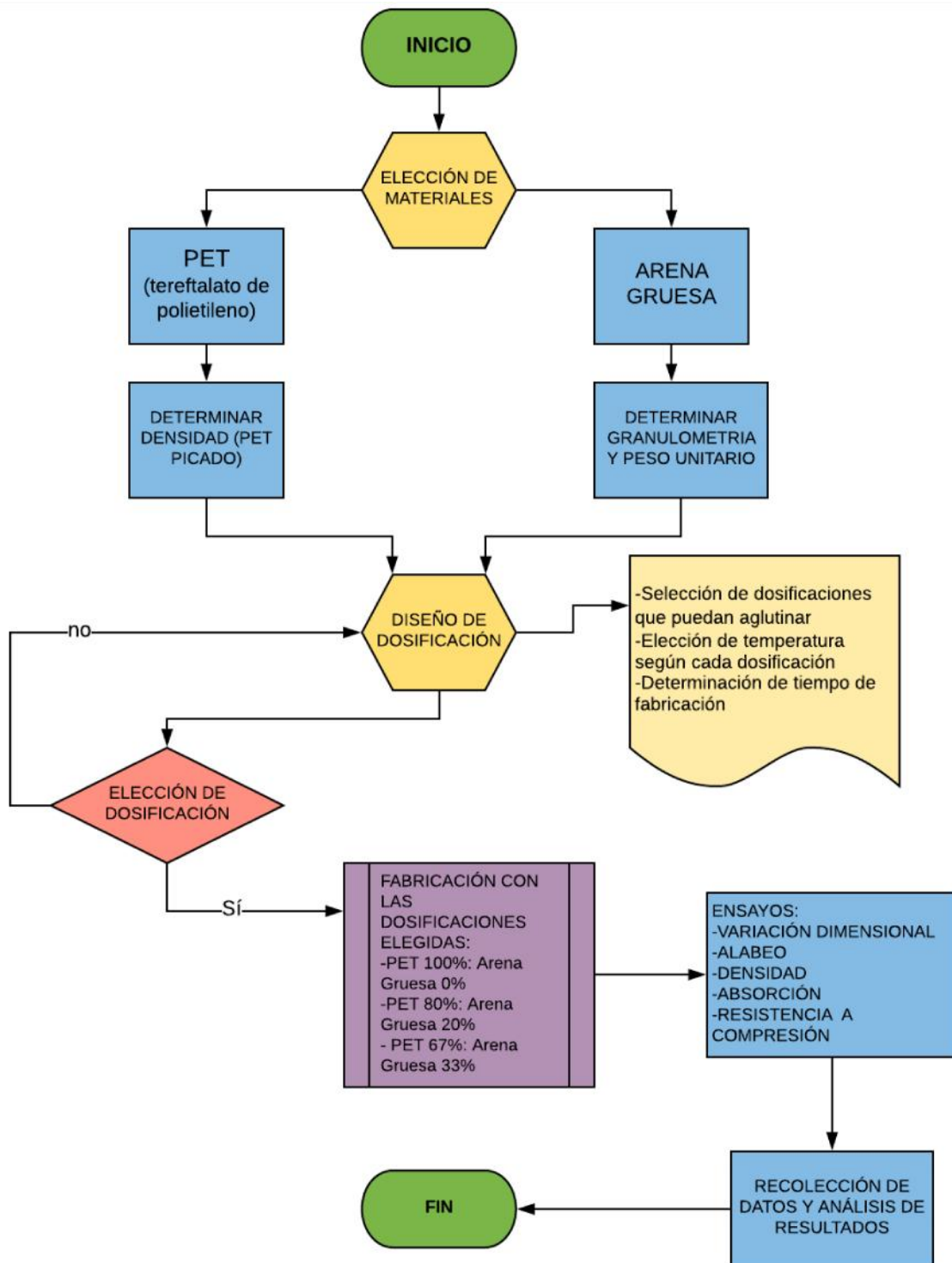
3.2.1 Diseño metodológico

“La investigación es de carácter **EXPERIMENTAL** ya que se refiere a un estudio en el que se manipulan deliberadamente las variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador.” (Hernández Sampieri, 2014)

La investigación es Experimental, teniendo en cuenta que la arena gruesa y PET como cementante es un material nuevo y el cual se está estudiando en la tesis como ladrillo, donde se observa sus propiedades al momento de ensayar para así poder obtener datos de este material y su manipulación de las diferentes dosificaciones para ser comparadas con los estándares de la Norma Técnica Peruana E.070.

3.2.2 Diseño de Ingeniería

Figura 11: Flujo grama de diseño de ingeniería



Fuente: propia



3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

3.3.1.1 Descripción de la población

“La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones. Un estudio no será mejor por tener una población más grande; la calidad de un trabajo investigativo se apoya en delimitar claramente la población con base en el planteamiento del problema.” (Hernández Sampieri, 2014)

La población está compuesta por ladrillos macizos de arena gruesa y PET como cementante que tiene un calado, fabricados a temperatura máxima de 240 C° en el distrito de Santiago, provincia de Cusco, departamento de Cusco.

3.3.1.2 Cuantificación de la población

Al ser un material nuevo utilizado en ladrillos consideramos que los ladrillos son de población infinita y se utilizó la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q}{e^2}$$

- **Z**: Nivel de confianza (correspondiente con tabla de valores de Z)
- **p**: Porcentaje de la población que tiene el atributo deseado
- **q**: Porcentaje de la población que no tiene el atributo deseado =1-p (nota: cuando no hay indicación de la población que posee o no el atributo, se asume 50% para p y 50% para q)
- **e**: error de estimación máximo aceptado
- **n**: Tamaño de la muestra en unidades de ladrillo

Teniendo en cuenta los siguientes datos:

- **Z**= 1.96
- **p**= 50%
- **q**= 50%
- **e**= 8%

Figura 12: Valores de confianza para tabla Z

Valores de confianza tabla Z	
95%	1.96
90%	1.65
91%	1.7
92%	1.76
93%	1.81
94%	1.89

La población para la investigación fue de 150 ladrillos elaborados de arena gruesa y PET teniendo en cuenta que es un material nuevo para el uso de ladrillos se consideró la necesidad de utilizar 10 ladrillos por cada ensayo en las 3 dosificaciones planteadas.

3.3.2 Muestra

3.3.2.1 Descripción de la muestra

Los ladrillos fueron elaborados de arena gruesa de la cantera de Vicho y PET teniendo en cuenta que cada ladrillo fue fabricado con el mismo molde de 24cm de largo por 12cm de ancho y 9 cm de alto, teniendo las dosificaciones de PET 100%: Arena Gruesa 0%, PET 80%: Arena Gruesa 20% y PET 67%: Arena Gruesa 33%, trabajándose a una temperatura máxima de 240 C° durante la fabricación.

3.3.2.2 Cuantificación de la muestra

El número total de muestras es el mismo número de la población, teniendo en cuenta que es un nuevo material solo se fabricaron 150 ladrillos de arena gruesa y PET para la investigación, donde se realizó 5 ensayos diferentes con las 3 dosificaciones.

3.3.2.3 Método de muestreo

El método de muestro realizado para la investigación fue NO PROBABILÍSTICO, ya que solo se fabricaron ladrillos de arena gruesa y PET en diferentes dosificaciones para la investigación.

“El muestreo no probabilístico es una técnica de muestreo que consiste en seleccionar una muestra de la población por el hecho de que sea accesible. Es decir, los individuos empleados en la investigación se seleccionan porque están fácilmente disponibles, no porque hayan sido seleccionados mediante un criterio estadístico.” (Hernández Sampieri, 2014)



3.3.2.4 Criterios de evaluación de la muestra

1. Variación dimensional en el rango de ± 4 % para largo, ± 3 % para ancho y ± 2 % para altura, para ladrillos tipo IV que se menciona en la NTP E.070 y NTP 399.613.
2. Alabeo no mayor a 4mm para ladrillos tipo IV que se mencionado en la NTP E.070.
3. Densidad de los ladrillos que se menciona en la NTP 399.13
4. Absorción que se encuentre entre los rangos de 12% y 22% para los ladrillos tipo IV que se menciona en la NTP E.070 y NTP 399.613.
5. Resistencia a la compresión f'_b no menor a 130 kg/cm² para ladrillos tipo IV mencionado en la NTP E.070 y NTP 339.613.

3.3.3 Criterios de inclusión



1. PET picado por recicladores del distrito Saylla y el distrito de San Sebastián de Cusco.
2. Arena gruesa de la cantera de Vicho del distrito de San Salvador, provincia de Calca y departamento de Cusco.
3. Dosificaciones de PET 100%: arena gruesa 0%, PET 80%: arena gruesa 20% y PET 67%: arena gruesa 33%,
4. Se evaluara la variación dimensional, alabeo, absorción, densidad y resistencia a compresión para poder llevar un monitoreo de la calidad de los bloques de concreto.
5. Ladrillos de arena gruesa y PET como cementante de 24cm, 12cm y 9cm.

3.4 Instrumentos

3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos



3.4.1.1 Medición de emisiones de gases del PET

Tabla 8 Hoja de recolección de datos para medición de emisión de gases.

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE LABORATORIO</p> 																																																					
TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.																																																					
LUGAR:	LABORATORIO DE QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																				
REFERENCIA NORMATIVA:	Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire-DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM																																																				
REALIZADO POR:	RODRIGO VALDIVIA HUAMAN																																																				
ENSAYO:	MEDICION DE EMISIONES DE GASES DEL PET																																																				
FECHA:	25/10/2018																																																				
DATOS:																																																					
Medicion de emision de gases en PPM																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #800000; color: white;">Gas</th> <th style="background-color: #800000; color: white;">Tiempo</th> <th style="background-color: #800000; color: white;">PPM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="10" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Monóxido de carbono (CO)</td> <td>0 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>1 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>2 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>3 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>4 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>5 min.</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr><td>6 min.</td> <td style="text-align: center;">7</td> </tr> <tr><td>7 min.</td> <td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr><td>8 min.</td> <td style="text-align: center;">38</td> </tr> <tr><td>9 min.</td> <td style="text-align: center;">56</td> </tr> <tr><td>10 min.</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> </tbody> </table>	Gas	Tiempo	PPM	Monóxido de carbono (CO)	0 min.	0	1 min.	0	2 min.	0	3 min.	0	4 min.	0	5 min.	5	6 min.	7	7 min.	12	8 min.	38	9 min.	56	10 min.	40	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #800000; color: white;">Gas</th> <th style="background-color: #800000; color: white;">Tiempo</th> <th style="background-color: #800000; color: white;">PPM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="10" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Ácido sulfhídrico (H2S)</td> <td>0 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>1 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>2 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>3 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>4 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>5 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>6 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>7 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>8 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>9 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>10 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </tbody> </table>	Gas	Tiempo	PPM	Ácido sulfhídrico (H2S)	0 min.	0	1 min.	0	2 min.	0	3 min.	0	4 min.	0	5 min.	0	6 min.	0	7 min.	0	8 min.	0	9 min.	0	10 min.	0
Gas	Tiempo	PPM																																																			
Monóxido de carbono (CO)	0 min.	0																																																			
	1 min.	0																																																			
	2 min.	0																																																			
	3 min.	0																																																			
	4 min.	0																																																			
	5 min.	5																																																			
	6 min.	7																																																			
	7 min.	12																																																			
	8 min.	38																																																			
	9 min.	56																																																			
10 min.	40																																																				
Gas	Tiempo	PPM																																																			
Ácido sulfhídrico (H2S)	0 min.	0																																																			
	1 min.	0																																																			
	2 min.	0																																																			
	3 min.	0																																																			
	4 min.	0																																																			
	5 min.	0																																																			
	6 min.	0																																																			
	7 min.	0																																																			
	8 min.	0																																																			
	9 min.	0																																																			
10 min.	0																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #800000; color: white;">Gas</th> <th style="background-color: #800000; color: white;">Tiempo</th> <th style="background-color: #800000; color: white;">PPM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="10" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Dióxido de nitrógeno (NO2)</td> <td>0 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>1 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>2 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>3 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>4 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>5 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>6 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>7 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>8 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>9 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr><td>10 min.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </tbody> </table>	Gas	Tiempo	PPM	Dióxido de nitrógeno (NO2)	0 min.	0	1 min.	0	2 min.	0	3 min.	0	4 min.	0	5 min.	0	6 min.	0	7 min.	0	8 min.	0	9 min.	0	10 min.	0																											
Gas	Tiempo	PPM																																																			
Dióxido de nitrógeno (NO2)	0 min.	0																																																			
	1 min.	0																																																			
	2 min.	0																																																			
	3 min.	0																																																			
	4 min.	0																																																			
	5 min.	0																																																			
	6 min.	0																																																			
	7 min.	0																																																			
	8 min.	0																																																			
	9 min.	0																																																			
10 min.	0																																																				

3.4.1.2 Ensayo de variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET

Tabla 9 Hoja de recolección de datos para ensayo de variación dimensional

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE LABORATORIO</p> 	
TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.	
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO, MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.
REFERENCIA	NTP 399.613-2005-Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.
NORMATIVA:	
REALIZADO POR:	RODRIGO VALDIVIA HUAMAN
ENSAYO:	Variación Dimensional
FECHA: 25/10/2018	
Dosificación % PET 100% % A. Gr. 0%	
N° de Muestra	MEDIDAS
	LARGO (mm) ANCHO (mm) ALTURA (mm)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Dosificación % PET 80% % A. Gr. 20%	
N° de Muestra	MEDIDAS
	LARGO (mm) ANCHO (mm) ALTURA (mm)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
Dosificación % PET 67% % A. Gr. 33%	
N° de Muestra	MEDIDAS
	LARGO (mm) ANCHO (mm) ALTURA (mm)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	



3.4.1.3 Ensayo de alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET

Tabla 10 Hoja de recolección de datos para ensayo de alabeo

N° de Muestra		CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR																																																																																																
		DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/C ONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD																																																																																														
<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p> <p style="text-align: center;">ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> <p style="text-align: center;">HOJA DE LABORATORIO</p> <p style="text-align: center;">TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.</p> <p>LUGAR: LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO, MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.</p> <p>REFERENCIA: NTP 399.613-2005-Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.</p> <p>NORMATIVA:</p> <p>REALIZADO POR: RODRIGO VALDIVIA HUAMAN</p> <p>ENSAYO: Alabeo FECHA: 25/10/2018</p>																																																																																																					
Dosificación % PET 100% % A. Gr. 0%																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">N° de Muestra</th> <th colspan="3">CARA SUPERIOR</th> <th colspan="3">CARA INFERIOR</th> </tr> <tr> <th>DIAGONAL 1 (mm)</th> <th>DIAGONAL 2 (mm)</th> <th>CONCAVIDAD/C ONVEXIDAD</th> <th>DIAGONAL 1 (mm)</th> <th>DIAGONAL 2 (mm)</th> <th>CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>								N° de Muestra		CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR			DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/C ONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD	1								2								3								4								5								6								7								8								9								10							
N° de Muestra		CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR																																																																																																
		DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/C ONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD																																																																																														
1																																																																																																					
2																																																																																																					
3																																																																																																					
4																																																																																																					
5																																																																																																					
6																																																																																																					
7																																																																																																					
8																																																																																																					
9																																																																																																					
10																																																																																																					
Dosificación % PET 80% % A. Gr. 20%																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">N° de Muestra</th> <th colspan="3">CARA SUPERIOR</th> <th colspan="3">CARA INFERIOR</th> </tr> <tr> <th>DIAGONAL 1 (mm)</th> <th>DIAGONAL 2 (mm)</th> <th>CONCAVIDAD/C ONVEXIDAD</th> <th>DIAGONAL 1 (mm)</th> <th>DIAGONAL 2 (mm)</th> <th>CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>								N° de Muestra		CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR			DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/C ONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD	1								2								3								4								5								6								7								8								9								10							
N° de Muestra		CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR																																																																																																
		DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/C ONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD																																																																																														
1																																																																																																					
2																																																																																																					
3																																																																																																					
4																																																																																																					
5																																																																																																					
6																																																																																																					
7																																																																																																					
8																																																																																																					
9																																																																																																					
10																																																																																																					
Dosificación % PET 67% % A. Gr. 33%																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">N° de Muestra</th> <th colspan="3">CARA SUPERIOR</th> <th colspan="3">CARA INFERIOR</th> </tr> <tr> <th>DIAGONAL 1 (mm)</th> <th>DIAGONAL 2 (mm)</th> <th>CONCAVIDAD/C ONVEXIDAD</th> <th>DIAGONAL 1 (mm)</th> <th>DIAGONAL 2 (mm)</th> <th>CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>								N° de Muestra		CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR			DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/C ONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD	1								2								3								4								5								6								7								8								9								10							
N° de Muestra		CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR																																																																																																
		DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/C ONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/ CONVEXIDAD																																																																																														
1																																																																																																					
2																																																																																																					
3																																																																																																					
4																																																																																																					
5																																																																																																					
6																																																																																																					
7																																																																																																					
8																																																																																																					
9																																																																																																					
10																																																																																																					



3.4.1.4 Ensayo de densidad de los ladrillos de arena gruesa y PET

Tabla 11 Hoja de recolección de datos para ensayo de densidad

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE LABORATORIO				
TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.					
LUGAR: LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO, MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.					
REFERENCIA: NTP 399.613-2005-Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.					
NORMATIVA:					
REALIZADO POR: RODRIGO VALDIVIA HUAMAN					
ENSAYO: Densidad	FECHA: 25/10/2018				
Dosificación % PET 100% % A. Gr. 0%					
N° de Muestra	DIMENSIONES DEL LADRILLO (cm)			ENDIDURA (cm³)	PESO (gr)
	LARGO	ANCHO	ALTO		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Dosificación % PET 80% % A. Gr. 20%					
N° de Muestra	DIMENSIONES DEL LADRILLO (cm)			ENDIDURA (cm³)	PESO (gr)
	LARGO	ANCHO	ALTO		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Dosificación % PET 67% % A. Gr. 33%					
N° de Muestra	DIMENSIONES DEL LADRILLO (cm)			ENDIDURA (cm³)	PESO (gr)
	LARGO	ANCHO	ALTO		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

3.4.1.5 Absorción de los ladrillos de arena gruesa y PET

Tabla 12 Hoja de recolección de datos para ensayo de absorción.

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE LABORATORIO</p> 																																																	
TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.																																																	
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO, MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.																																																
REFERENCIA	NTP 399.613-2005-Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.																																																
NORMATIVA:																																																	
REALIZADO POR:	RODRIGO VALDIVIA HUAMAN																																																
ENSAYO:	Absorción FECHA: 25/10/2018																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e0e0e0;">Dosificación</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">% PET 100%</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">% A. Gr. 0%</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #4f81bd; color: white;">N° de Muestra</th> <th style="background-color: #4f81bd; color: white;">PESO SATURADO (gr)</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>		Dosificación		% PET 100%	% A. Gr. 0%	N° de Muestra	PESO SATURADO (gr)			1				2				3				4				5				6				7				8				9				10			
Dosificación		% PET 100%	% A. Gr. 0%																																														
N° de Muestra	PESO SATURADO (gr)																																																
1																																																	
2																																																	
3																																																	
4																																																	
5																																																	
6																																																	
7																																																	
8																																																	
9																																																	
10																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e0e0e0;">Dosificación</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">% PET 80%</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">% A. Gr. 20%</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #4f81bd; color: white;">N° de Muestra</th> <th style="background-color: #4f81bd; color: white;">PESO SATURADO (gr)</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>		Dosificación		% PET 80%	% A. Gr. 20%	N° de Muestra	PESO SATURADO (gr)			1				2				3				4				5				6				7				8				9				10			
Dosificación		% PET 80%	% A. Gr. 20%																																														
N° de Muestra	PESO SATURADO (gr)																																																
1																																																	
2																																																	
3																																																	
4																																																	
5																																																	
6																																																	
7																																																	
8																																																	
9																																																	
10																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e0e0e0;">Dosificación</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">% PET 67%</th> <th style="background-color: #e0e0e0;">% A. Gr. 33%</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #4f81bd; color: white;">N° de Muestra</th> <th style="background-color: #4f81bd; color: white;">PESO SATURADO (gr)</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>		Dosificación		% PET 67%	% A. Gr. 33%	N° de Muestra	PESO SATURADO (gr)			1				2				3				4				5				6				7				8				9				10			
Dosificación		% PET 67%	% A. Gr. 33%																																														
N° de Muestra	PESO SATURADO (gr)																																																
1																																																	
2																																																	
3																																																	
4																																																	
5																																																	
6																																																	
7																																																	
8																																																	
9																																																	
10																																																	

3.4.1.6 Ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de arena gruesa y PET

Tabla 13 Hoja de recolección de datos para ensayo de resistencia a compresión

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA			ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		HOJA DE LABORATORIO		
TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.									
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO, MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.							
REFERENCIA		NTP 399.613-2005-Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.							
NORMATIVA:									
REALIZADO POR:		RODRIGO VALDIVIA HUAMAN							
ENSAYO:		Resistencia a la compresión					FECHA:		25/10/2018
		Dosificación		% PET 100%		% A. Gr. 0%			
N° de Muestra		DIMENSIONES (cm)			CARGA (kg-f)				
		LARGO	ANCHO	ALTO					
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
		Dosificación		% PET 80%		% A. Gr. 20%			
N° de Muestra		DIMENSIONES (cm)			CARGA (kg-f)				
		LARGO	ANCHO	ALTO					
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
		Dosificación		% PET 67%		% A. Gr. 33%			
N° de Muestra		DIMENSIONES (cm)			CARGA (kg-f)				
		LARGO	ANCHO	ALTO					
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

3.4.2 Instrumentos de ingeniería

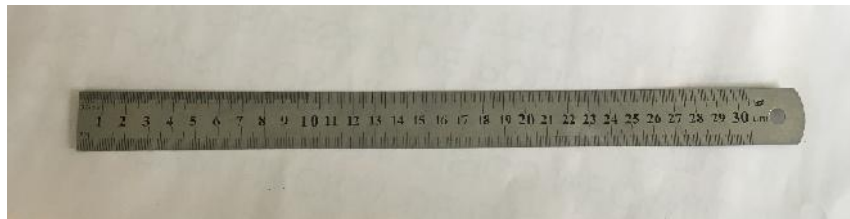
- ✓ Balanza 30kg de precisión de 0.001.
- ✓ Cuña de alabeo, 8cm de largo y 16mm de alto.

Figura 13: Cuña de alabeo



- ✓ Regla metálica de 30cm.

Figura 14: Regla metálica



- ✓ Vernier de 6 pulg, medida en mm, cm y pulgadas.

Figura 15: Vernier o pie de rey



- ✓ Placas metálicas diseñadas para el molde de acero de 24cm x 12cm.
- ✓ Neoprenos para compresión



3.4.2.1 Otros instrumentos

-) Fragua de forja para fabricación de ladrillos
-) Envase metálico para fabricación de ladrillos
-) Moldes metálicos diseñados para elaborar ladrillos
-) Atizador de carbón
-) Termómetro de altas temperaturas de láser.

3.4.2.2 Equipos de protección personal

-) Guantes resistentes al calor
-) Máscara de gas de filtrado de aire
-) Lentes de seguridad

3.5 Procedimientos de recolección de datos

3.5.1 Proceso de fabricación de ladrillos de arena gruesa y PET como cementante.

3.5.1.1 Materiales

- ✓ Carbón
- ✓ PET (picado en retazos de 2cm a 1cm)
- ✓ Arena gruesa de la cantera de vicho
- ✓ Baldes para dosificación de 1 galón
- ✓ Atizador para carbón

3.5.1.2 Equipos

- ✓ Fragua de forja para fabricación de ladrillos
- ✓ Moldes metálicos para ladrillos
- ✓ Recipiente resistente al calor para mezclado
- ✓ Baldes para dosificación de 1 galón

3.5.1.3 Equipos de protección personal

- ✓ Guantes resistentes al calor
- ✓ Máscara de gases para filtrado de aire
- ✓ Lentes de seguridad

3.5.1.4 Procedimiento

) Diseño de dosificaciones del ladrillo

Para hacer el diseño de la dosificación se experimentó durante un mes, en el cual se probó las posibles dosificaciones que se puedan utilizar teniendo en cuenta características de: tiempo de fabricación, temperatura en la cual es ideal fabricar los ladrillos y hasta que porcentajes el PET puede aglutinar a la arena gruesa.

Llegando a elegir las dosificaciones de PET 100%: arena gruesa 0%, PET 80%: arena gruesa 20% y PET 67%: arena gruesa 33%.

Figura 16: Determinación de temperatura ideal para fabricación de ladrillos



Fuente: propia

Figura 17: Primer ladrillo de PET y arena gruesa



Fuente: propia

Figura 18: Moldeado de ladrillo



Fuente: propia

Tabla 14 Dosificación de ladrillos de PET y arena gruesa por volumen

Ladrillos de PET y Arena Gruesa						
			<p>Volumen 2,592.00 cm³</p> <p>Calado 119.00 cm³</p> <hr/> <p>Volumen Total 2,473.00 cm³</p>			
Dosificación por Volumen						
1)	1	PET	0	Arena Gruesa	% PET	100%
					% A. Gr.	0%
2)	1	PET	0.25	Arena Gruesa	% PET	80%
					% A. Gr.	20%
3)	1	PET	0.5	Arena Gruesa	% PET	67%
					% A. Gr.	33%

) Preparación de equipos antes de fabricación

Primero se tiene que tener en cuenta que la fragua de forja utilizada lleva un motor trifásico de un caballo de fuerza el cual necesitaba una toma de corriente eléctrica, después se debe encender el carbón para la fabricación y calentar el recipiente que será utilizado para mezclar la arena gruesa y el PET.

Figura 19: Encendido de fragua de forja

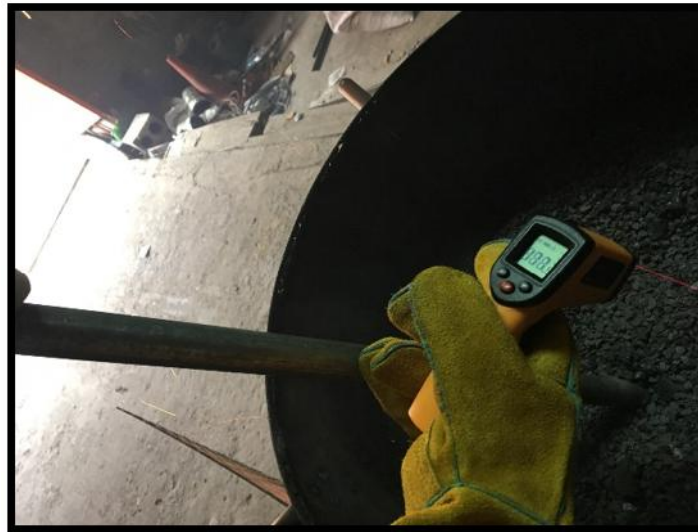


Fuente: propia

J) Mezclado de material para ladrillos

Dependiendo de la dosificación se pondrá primero la arena para que se caliente y llegue a una temperatura de 240°C para luego mezclar con PET dependiendo de la dosificación por volumen. (PET 1: arena gruesa 0), (PET 1: arena gruesa 0.25) y (PET 1: arena gruesa 0.5).

Figura 20: Medición de temperatura durante fabricación.



Fuente: propia

Figura 21: Vertido de PET para mezclado.



Fuente: propia

Figura 22: Medición de temperatura previa ha moldeado.



Fuente: propia

) Moldeado de ladrillo

Después de alcanzar la temperatura entre 225°C y 235°C se tiene un periodo de 2 a 3 minutos en donde el PET se puede evaporar y quemarse si la temperatura aumenta, además si se enfría se solidifica. Por lo que es necesario que se vierta la arena gruesa con PET en el molde, se enrasa para eliminar excedentes y alcanzar la altura ideal.

Figura 23: PET y arena gruesa en molde



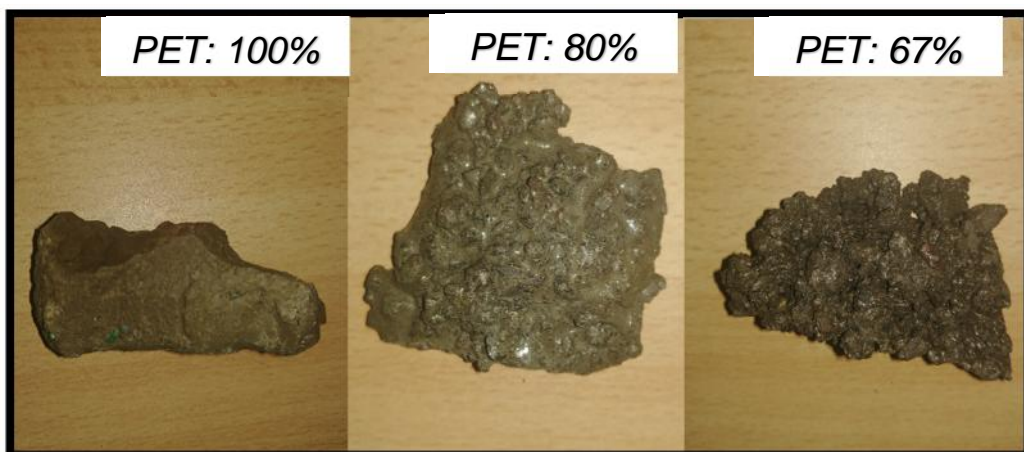
Fuente: propia

Figura 24: Enrasar el PET y arena gruesa en caliente.



Fuente: propia

Figura 25: PET y arena gruesa producido en diferentes dosificaciones.



Fuente: propia

) **Enfriado y desmolde**

Cuando el ladrillo empieza a enfriar muestra una rigidez aparente pero internamente aún se encuentra caliente por lo que se recomienda que se desmolde entre 15 a 20 minutos para los ladrillos con un porcentaje de arena gruesa, y en el caso de los ladrillos que contengan 100% de PET y 0% de arena gruesa se recomienda desmoldar después de 30 minutos, ya que de hacerlo antes el ladrillo se fracturará además de que no es recomendable acelerar el enfriamiento con agua puesto que crea mayores variaciones dimensionales por la contracción.

Figura 26: Medicion de temperatura de PET y arena gruesa antes de enfriado.



Fuente: propia

Figura 27: Ladrillo de PET frio previo a desmolde.



Fuente: propia

Figura 28: Ladrillo desmoldado antes de tiempo.



Fuente: propia

) **Costos de fabricación**

Durante la fabricación de los ladrillos se observó que cada dosificación tiene diferentes costos teniendo en cuenta 2 factores como: el propio costo del PET (si el PET es comprado o reciclado) y la cantidad de arena gruesa (a mayor cantidad de arena gruesa se necesita más tiempo de fabricación elevando los costos del ladrillo).

Tabla 15 Costos y tiempos de fabricación de ladrillos de PET y arena gruesa

Dosificación		Tiempo inicial a calentar	Tiempo de mezclado	Tiempo de enfriado previo a desmolde	Tiempo de fabricación por unidad	Costo con PET comprado (S/.1.00 x Kg)	Costo con PET reciclado
PET	A.G.						
100%	0%	1 min	2 min	30 min	33 min	S/2.00 x und	S/0.30 x und
80%	20%	6 min	2 min	20 min	28 min	S/1.50 x und	S/0.45 x und
67%	33%	8 min	2 min	20 min	30 min	S/1.00 x und	S/0.65 x und

3.5.2 Medición de emisiones de gases del PET

3.5.2.1 Equipos

- ✓ Detector de gases (Monóxido de carbono CO y Sulfuro de hidrógeno H₂S con infrarojo Metano CH₄) y Detector de gases (Dióxido de nitrógeno NO₂ con infrarojo Dióxido de carbono CO₂)
- ✓ Campana de Extracción de Gases
- ✓ Mechero de Bunsen
- ✓ Termómetro laser
- ✓ Balanza de precisión 0.001g

3.5.2.2 Materiales

- ✓ PET (picado en retazos de 2cm a 1cm)

3.5.2.3 Procedimiento

) Preparación de lugar de trabajo

Primeramente se tomó las medidas de seguridad por lo que se realizará el ensayo dentro de una campana de extracción de gases y además se debe de adecuar el interior de la campana de extracción de gases utilizando los soportes metálicos y el mechero de bunsen.

Figura 29: Campana de extracción de gases



Fuente: propia

Figura 30: Mechero de bunsen



Fuente: propia

) Medición de emisión de gases

Para obtener una óptima medición de gases se apaga la campana de extracción y por seguridad se desocupó el laboratorio de química y solo se ingresaría una vez por minuto para medir la temperatura y las emisiones de gases con los detectores, para iniciar el ensayo se calibró el mechero de bunsen a 200 °C y usando soportes ubicamos los detectores de gases a altura que coincida con parte superior del crisol metálico, y por último proceder a poner en el crisol metálico 15 gramos de PET.

Figura 31: Medición de temperatura de crisol con PET



Fuente: propia

Figura 32: Medición de gases producidos por PET



Fuente: propia



Figura 33: Emisión de gases producidos por PET



Fuente: propia

3.5.2.4 Toma de datos

Tabla 16 Medición de emisión de gases

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE LABORATORIO																																																				
TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.																																																					
LUGAR:	LABORATORIO DE QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																																				
REFERENCIA NORMATIVA:	Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire-DECRETO SUPREMO Nº 003-2017-MINAM																																																				
REALIZADO POR:	RODRIGO VALDIVIA HUAMAN																																																				
ENSAYO:	MEDICION DE EMISIONES DE GASES DEL PET	FECHA: 25/10/2018																																																			
DATOS:																																																					
Medicion de emision de gases en PPM																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #c00000; color: white;"> <th>Gas</th> <th>Tiempo</th> <th>PPM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="10" style="text-align: center;">Monóxido de carbono (CO)</td><td>0 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>1 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>2 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>3 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>4 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>5 min.</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td>6 min.</td><td style="text-align: center;">7</td></tr> <tr><td>7 min.</td><td style="text-align: center;">12</td></tr> <tr><td>8 min.</td><td style="text-align: center;">38</td></tr> <tr><td>9 min.</td><td style="text-align: center;">56</td></tr> <tr><td>10 min.</td><td style="text-align: center;">40</td></tr> </tbody> </table>	Gas	Tiempo	PPM	Monóxido de carbono (CO)	0 min.	0	1 min.	0	2 min.	0	3 min.	0	4 min.	0	5 min.	5	6 min.	7	7 min.	12	8 min.	38	9 min.	56	10 min.	40	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #c00000; color: white;"> <th>Gas</th> <th>Tiempo</th> <th>PPM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="10" style="text-align: center;">Ácido sulfhídrico (H2S)</td><td>0 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>1 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>2 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>3 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>4 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>5 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>6 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>7 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>8 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>9 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>10 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </tbody> </table>	Gas	Tiempo	PPM	Ácido sulfhídrico (H2S)	0 min.	0	1 min.	0	2 min.	0	3 min.	0	4 min.	0	5 min.	0	6 min.	0	7 min.	0	8 min.	0	9 min.	0	10 min.	0
Gas	Tiempo	PPM																																																			
Monóxido de carbono (CO)	0 min.	0																																																			
	1 min.	0																																																			
	2 min.	0																																																			
	3 min.	0																																																			
	4 min.	0																																																			
	5 min.	5																																																			
	6 min.	7																																																			
	7 min.	12																																																			
	8 min.	38																																																			
	9 min.	56																																																			
10 min.	40																																																				
Gas	Tiempo	PPM																																																			
Ácido sulfhídrico (H2S)	0 min.	0																																																			
	1 min.	0																																																			
	2 min.	0																																																			
	3 min.	0																																																			
	4 min.	0																																																			
	5 min.	0																																																			
	6 min.	0																																																			
	7 min.	0																																																			
	8 min.	0																																																			
	9 min.	0																																																			
10 min.	0																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #c00000; color: white;"> <th>Gas</th> <th>Tiempo</th> <th>PPM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="10" style="text-align: center;">Dióxido de nitrógeno (NO2)</td><td>0 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>1 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>2 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>3 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>4 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>5 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>6 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>7 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>8 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>9 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td>10 min.</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </tbody> </table>	Gas	Tiempo	PPM	Dióxido de nitrógeno (NO2)	0 min.	0	1 min.	0	2 min.	0	3 min.	0	4 min.	0	5 min.	0	6 min.	0	7 min.	0	8 min.	0	9 min.	0	10 min.	0																											
Gas	Tiempo	PPM																																																			
Dióxido de nitrógeno (NO2)	0 min.	0																																																			
	1 min.	0																																																			
	2 min.	0																																																			
	3 min.	0																																																			
	4 min.	0																																																			
	5 min.	0																																																			
	6 min.	0																																																			
	7 min.	0																																																			
	8 min.	0																																																			
	9 min.	0																																																			
10 min.	0																																																				

3.5.3 Variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET

3.5.3.1 Equipos

- ✓ Regla metálica de 30cm.
- ✓ Vernier de 6 pulg, medida en mm, cm y pulgadas.

3.5.3.2 Procedimiento

Para este ensayo se debe de medir todas las dimensiones del ladrillo (largo, ancho y altura) con ayuda de la regla metálica graduada para el largo del ladrillo.

Para la medición de las alturas y el ancho de los ladrillos utilizó el Vernier.

Figura 34: Ensayo de variación dimensional



Fuente: propia

3.5.3.3 Toma de datos

Tabla 17 Variación dimensional

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		HOJA DE LABORATORIO	
<p>TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.</p>							
<p>LUGAR: LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO, MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.</p>							
<p>REFERENCIA: NTP 399.613-2005-Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.</p>							
<p>NORMATIVA:</p>							
<p>REALIZADO POR: RODRIGO VALDIVIA HUAMAN</p>							
<p>ENSAYO: Variación Dimensional</p>						<p>FECHA: 25/10/2018</p>	
<p>Dosificación % PET 100% % A. Gr. 0%</p>							
N° de Muestra	MEDIDAS						
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)				
1	233.50	118.00	89.50				
2	234.50	117.50	88.00				
3	233.00	118.00	88.00				
4	233.50	116.50	88.50				
5	234.00	118.00	89.00				
6	233.00	117.50	89.50				
7	232.50	118.00	88.00				
8	234.50	116.50	87.50				
9	234.00	117.50	88.50				
10	233.20	118.50	89.00				
<p>Dosificación % PET 80% % A. Gr. 20%</p>							
N° de Muestra	MEDIDAS						
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)				
1	236.00	117.50	90.00				
2	236.50	118.00	89.50				
3	236.00	117.00	88.50				
4	237.00	117.50	90.00				
5	236.50	117.00	88.00				
6	235.50	118.50	89.00				
7	236.00	117.50	88.00				
8	237.00	118.00	90.00				
9	236.50	118.50	89.50				
10	237.00	117.50	90.00				
<p>Dosificación % PET 67% % A. Gr. 33%</p>							
N° de Muestra	MEDIDAS						
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)				
1	238.50	119.00	89.00				
2	237.00	118.00	90.00				
3	238.00	119.50	88.50				
4	237.50	119.50	90.00				
5	238.50	118.00	89.50				
6	239.50	119.50	90.00				
7	239.00	118.00	89.50				
8	238.50	119.00	90.00				
9	237.00	119.50	88.50				
10	239.50	119.50	89.00				

3.5.4 Alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET

3.5.4.1 Equipos

- ✓ Cuña de alabeo, 8cm de largo y 16mm de alto.
- ✓ Regla metálica de 30cm.

3.5.4.2 Procedimiento

Si existe concavidad, se coloca una regla metálica de canto sobre la diagonal de la cara de asiento del ladrillo, y luego se introduce la cuña de alabeo en el punto correspondiente a la flecha máxima para obtener la medida de la deformación.

Si el ladrillo presenta convexidad, se realizará de la siguiente forma; Se coloca la regla metálica de canto sobre la diagonal de la cara de asiento del ladrillo, y luego se introduce dos cuñas de alabeo en los vértices de las aristas opuestas, buscando el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para obtener así la misma medida en ambas cuñas.

Se tomaran de los 2 diagonales de cada cara del ladrillo para sacar su promedio.

Figura 35: Herramientas para ensayo de alabeo



Fuente: propia

Figura 36: Ensayo de alabeo



Fuente: propia

3.5.4.3 Toma de datos

Tabla 18 Ensayo de alabeo

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		HOJA DE LABORATORIO	
TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.							
LUGAR: LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO, MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.							
REFERENCIA: NTP 399.613-2005-Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.							
NORMATIVA:							
REALIZADO POR: RODRIGO VALDIVIA HUAMAN							
ENSAYO: Alabeo				FECHA: 25/10/2018			
		Dosificación % PET 100%			% A. Gr. 0%		
N° de Muestra	CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR			
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/CONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/CONVEXIDAD	
1	2.5	2	CONCAVO	1	1.5	CONVEXO	
2	2	2	CONCAVO	1.5	2	CONVEXO	
3	2	2.5	CONCAVO	2	1.5	CONVEXO	
4	2.5	2	CONCAVO	2	2	CONVEXO	
5	2	3	CONCAVO	1	1	CONVEXO	
6	2	2.5	CONCAVO	1.5	1	CONVEXO	
7	2	2	CONCAVO	2	1.5	CONVEXO	
8	2	2.5	CONCAVO	1	2	CONVEXO	
9	2.5	1.5	CONCAVO	2	1	CONVEXO	
10	3	2.5	CONCAVO	1	1	CONVEXO	
		Dosificación % PET 80%			% A. Gr. 20%		
N° de Muestra	CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR			
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/CONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/CONVEXIDAD	
1	1	1	CONCAVO	0	0	CONVEXO	
2	1	0.9	CONCAVO	0.5	0.5	CONVEXO	
3	0	1	CONCAVO	0	0.5	CONVEXO	
4	0	1	CONCAVO	2.5	3	CONVEXO	
5	1	0.5	CONCAVO	2	1.5	CONVEXO	
6	0.5	1	CONCAVO	0	0	CONVEXO	
7	1	0.5	CONCAVO	0.5	1	CONVEXO	
8	1	0.5	CONCAVO	0.5	0	CONVEXO	
9	0.5	1	CONCAVO	2.5	2.5	CONVEXO	
10	1	0.5	CONCAVO	1.5	2	CONVEXO	
		Dosificación % PET 67%			% A. Gr. 33%		
N° de Muestra	CARA SUPERIOR			CARA INFERIOR			
	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/CONVEXIDAD	DIAGONAL 1 (mm)	DIAGONAL 2 (mm)	CONCAVIDAD/CONVEXIDAD	
1	0	0	CONCAVO	0	0.5	CONVEXO	
2	0	0.5	CONCAVO	0.5	0	CONVEXO	
3	1	0	CONCAVO	0	0	CONVEXO	
4	0	1	CONCAVO	0	0	CONVEXO	
5	0	0	CONCAVO	2.5	2.5	CONVEXO	
6	0	0	CONCAVO	0	0.5	CONVEXO	
7	0.5	0	CONCAVO	0.5	0	CONVEXO	
8	1	0	CONCAVO	0	0	CONVEXO	
9	1	0	CONCAVO	0	0	CONVEXO	
10	0	0	CONCAVO	2.5	2.5	CONVEXO	

3.5.5 Densidad de los ladrillos de arena gruesa y PET

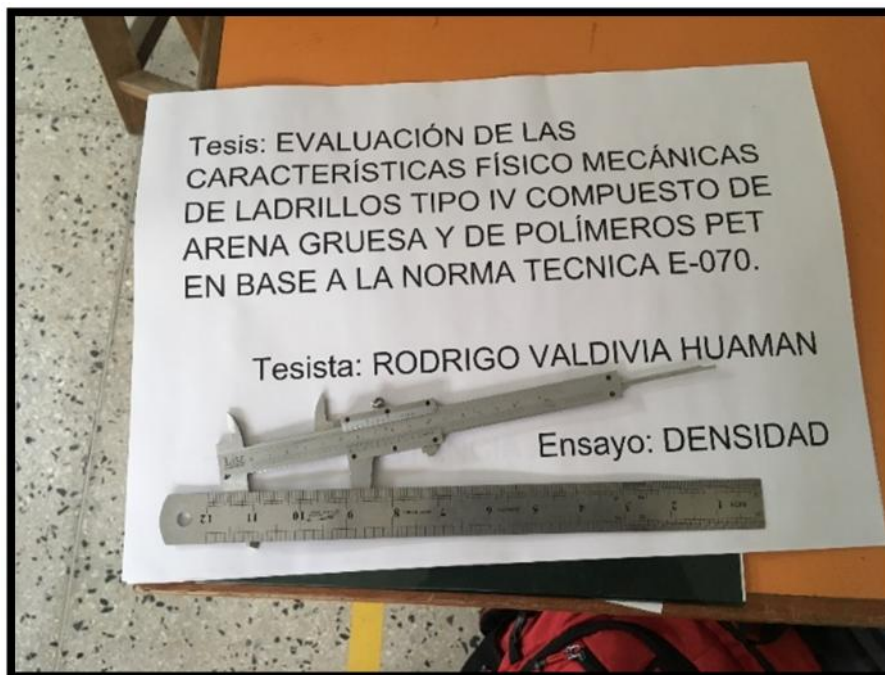
3.5.5.1 Equipos

- ✓ Regla metálica de 30 cm
- ✓ Vernier de 6 pulg, medida en mm, cm y pulgadas.
- ✓ Balanza de 30 kg precisión de 0.001

3.5.5.2 Procedimiento

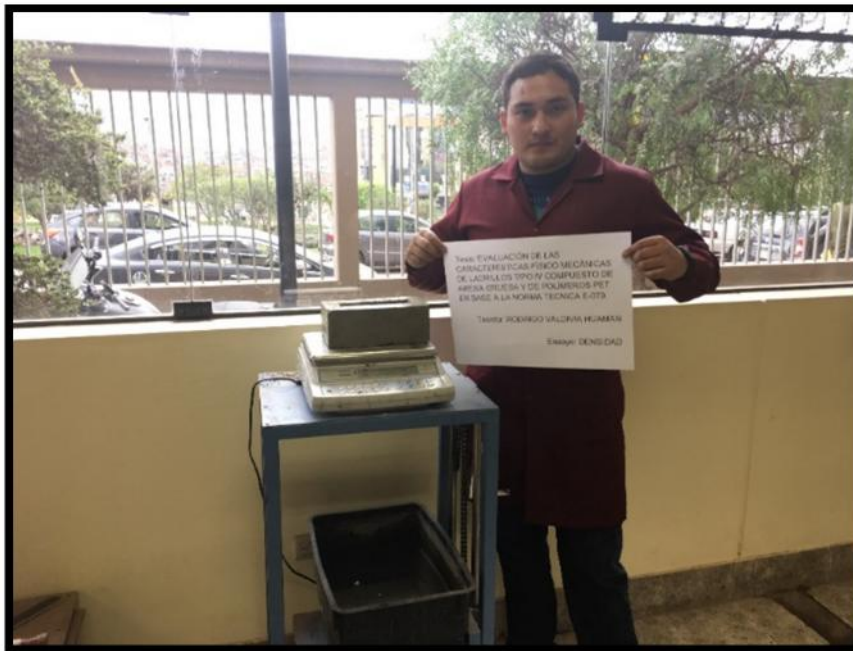
Para calcular la densidad de los ladrillos primero se tomó las dimensiones (largo, ancho y alto), para tener el volumen de los ladrillos. Luego al volumen total se le resta el calado para el mortero de 17cm x 5cm x 1.4 (119cm³) para todas las dosificaciones, teniendo en cuenta que se usó el mismo molde en todos los ladrillos. Después se pesan los ladrillos de arena gruesa y PET.

Figura 37: Herramientas para ensayo de densidad



Fuente: propia

Figura 38: Medición de peso para densidad



Fuente: propia

Figura 39: Ladrillos en laboratorio de ingeniería civil de la Universidad Andina del Cusco



Fuente: propia

3.5.5.3 Datos

Tabla 19 Ensayo de densidad

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		HOJA DE LABORATORIO	
<p>TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.</p>							
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO, MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.					
REFERENCIA		NTP 399.613-2005-Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.					
NORMATIVA:							
REALIZADO POR:		RODRIGO VALDIVIA HUAMAN					
ENSAYO: Densidad				FECHA: 25/10/2018			
<p>Dosificación % PET 100% % A. Gr. 0%</p>							
N° de Muestra	DIMENSIONES DEL LADRILLO (cm)			ENDIDURA (cm3)	PESO (gr)		
	LARGO	ANCHO	ALTO				
1	23.35	11.80	8.95	119.00	2380.9		
2	23.45	11.75	8.80	119.00	2414.3		
3	23.30	11.80	8.80	119.00	2148.9		
4	23.35	11.65	8.85	119.00	2125.7		
5	23.40	11.80	8.90	119.00	2356.7		
6	23.30	11.75	8.95	119.00	2379.2		
7	23.25	11.80	8.80	119.00	2432.1		
8	23.45	11.65	8.75	119.00	2124.9		
9	23.40	11.75	8.85	119.00	2132.7		
10	23.32	11.85	8.90	119.00	2347.7		
<p>Dosificación % PET 80% % A. Gr. 20%</p>							
N° de Muestra	DIMENSIONES DEL LADRILLO (cm)			ENDIDURA (cm3)	PESO (gr)		
	LARGO	ANCHO	ALTO				
1	23.60	11.75	9.00	119.00	4511.6		
2	23.65	11.80	8.95	119.00	4525.4		
3	23.60	11.70	8.85	119.00	4451.5		
4	23.70	11.75	9.00	119.00	4258.8		
5	23.65	11.70	8.80	119.00	4535.7		
6	23.55	11.85	8.90	119.00	4433.2		
7	23.60	11.75	8.80	119.00	4525.4		
8	23.70	11.80	9.00	119.00	4621.4		
9	23.65	11.85	8.95	119.00	4314.2		
10	23.70	11.75	9.00	119.00	4562.7		
<p>Dosificación % PET 67% % A. Gr. 33%</p>							
N° de Muestra	DIMENSIONES DEL LADRILLO (cm)			ENDIDURA (cm3)	PESO (gr)		
	LARGO	ANCHO	ALTO				
1	23.85	11.90	8.90	119.00	4739.8		
2	23.70	11.80	9.00	119.00	4879.6		
3	23.80	11.95	8.85	119.00	4994.5		
4	23.75	11.95	9.00	119.00	4673.1		
5	23.85	11.80	8.95	119.00	4779.4		
6	23.95	11.95	9.00	119.00	4699.8		
7	23.90	11.80	8.95	119.00	4797.4		
8	23.85	11.90	9.00	119.00	4917.3		
9	23.70	11.95	8.85	119.00	4664.1		
10	23.95	11.95	8.90	119.00	4689.5		

3.5.6 Absorción de los ladrillos de arena gruesa y PET

3.5.6.1 Materiales y equipos

- ✓ Balanza de precisión
- ✓ Pozo de agua

3.5.6.2 Procedimiento

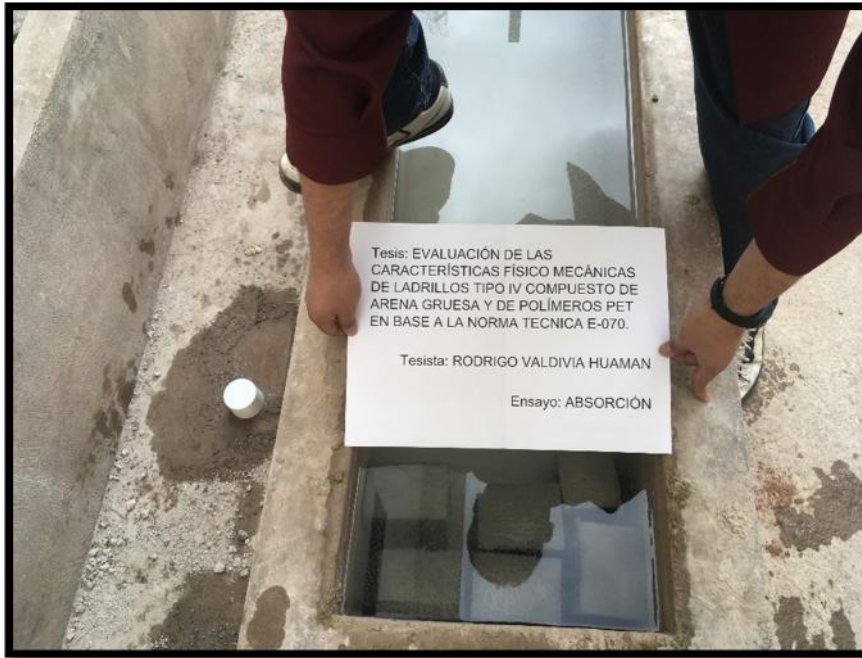
Para realizar este ensayo se tomó en cuenta que los ladrillos tienen como una de sus materias primas el PET el cual es susceptible al calor por lo que se modificó el ensayo, pesando primero los los ladrillos de arena gruesa y PET secos que recién fueron fabricados. Después los ladrillos fueron sumergidos en un pozo de agua por 24 horas a una temperatura de 15,6 °C a 26,7 °C por 24 horas. Se retiran los ladrillos del pozo donde absorbieron humedad por 24 horas, se seca con un trapo húmedo todas las caras del ladrillo ensayado y se pesa el ladrillo teniendo en cuenta que no pasen más de 5 minutos desde que se seca el ladrillo.

Figura 40: Ensayo de absorción



Fuente: propia

Figura 41: Pozo para absorción de agua



Fuente: propia

Figura 42: Secado de caras para ensayo



Fuente: propia

3.5.6.3 Toma de datos

Tabla 20 Ensayo de absorción

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		HOJA DE LABORATORIO	
<p>TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.</p>							
<p>LUGAR: LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO, MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.</p>							
<p>REFERENCIA: NTP 399.613-2005-Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.</p>							
<p>NORMATIVA:</p>							
<p>REALIZADO POR: RODRIGO VALDIVIA HUAMAN</p>							
<p>ENSAYO: Absorción</p>				<p>FECHA: 25/10/2018</p>			
Dosificación		% PET 100%		% A. Gr. 0%			
N° de Muestra	PESO SATURADO (gr)			PESO SECO (gr)			
1	2104.50			2039.20			
2	2122.70			2026.10			
3	2291.10			2201.40			
4	2242.90			2156.20			
5	2214.50			2149.30			
6	2410.40			2335.10			
7	2298.10			2214.60			
8	2254.30			2169.70			
9	2298.90			2236.70			
10	2254.70			2178.40			
Dosificación		% PET 80%		% A. Gr. 20%			
N° de Muestra	PESO SATURADO (gr)			PESO SECO (gr)			
1	4184.40			4128.20			
2	4670.70			4632.60			
3	4581.40			4536.10			
4	4327.20			4278.90			
5	4473.90			4417.40			
6	4521.70			4487.30			
7	4324.50			4267.20			
8	4584.30			4538.10			
9	4396.40			4359.10			
10	4526.70			4478.20			
Dosificación		% PET 67%		% A. Gr. 33%			
N° de Muestra	PESO SATURADO (gr)			PESO SECO (gr)			
1	4925.60			4892.70			
2	4797.70			4760.70			
3	4546.10			4511.60			
4	4754.80			4719.20			
5	4607.40			4585.10			
6	4847.70			4814.90			
7	4606.20			4569.30			
8	4822.10			4796.10			
9	4879.50			4843.80			
10	4770.60			4731.50			

3.5.7 Resistencia a la compresión de los ladrillos de arena gruesa y PET

3.5.7.1 Materiales y equipos

- ✓ Máquina de compresión axial
- ✓ Placas metálicas de 24cm x 12cm
- ✓ Neoprenos de 24cm x 12cm
- ✓ Placas metálicas del molde para la hendidura del ladrillo

3.5.7.2 Procedimiento

Siempre se ensaya los ladrillos sobre su mayor dimensión y se centran los especímenes debajo del apoyo de la máquina.

Primero se utiliza la placa metálica del molde la cual fue diseñada para fabricación de los ladrillos para distribuir la carga de forma homogénea en la parte superior de los ladrillos y en la parte inferior utilizar un neopreno el cual ayudara para la distribución de fuerza.

Luego de poner el ladrillo alineado y con las placas metálicas y las láminas de neopreno se somete a compresión teniendo en cuenta que la velocidad debe de ser constante y la carga continua.

Figura 43: Placas de metal para ensayo de resistencia a compresión



Fuente: propia

Figura 44: Máquina de compresión axial



Fuente: propia

Figura 45: Ensayo de resistencia a compresión



Fuente: propia

Figura 46: Prueba de resistencia a compresión de ladrillo de PET y arena gruesa



Fuente: propia



Figura 47: Ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20%, sometido a compresión



Fuente: propia

3.5.7.3 Toma de datos

Tabla 21 Resistencia a compresión

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HOJA DE LABORATORIO				
		TESIS: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO IV COMPUESTO DE ARENA GRUESA Y DE POLÍMEROS PET EN BASE A LA NORMA TECNICA E-070.				
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTO, MATERIALES Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.					
REFERENCIA	NTP 399.613-2005-Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.					
NORMATIVA:						
REALIZADO POR:	RODRIGO VALDIVIA HUAMAN					
ENSAYO:	Resistencia a la compresión			FECHA:	25/10/2018	
		Dosificación		% PET 100%	% A. Gr. 0%	
	N° de Muestra	DIMENSIONES (cm)			CARGA (kg-f)	
		LARGO	ANCHO	ALTO		
	1	23.35	11.80	8.95	15210	
	2	23.45	11.75	8.80	13840	
	3	23.30	11.80	8.80	16670	
	4	23.35	11.65	8.85	13740	
	5	23.40	11.80	8.90	12980	
	6	23.30	11.75	8.95	15670	
	7	23.25	11.80	8.80	14780	
	8	23.45	11.65	8.75	15670	
	9	23.40	11.75	8.85	16670	
	10	23.32	11.85	8.90	13640	
		Dosificación		% PET 80%	% A. Gr. 20%	
	N° de Muestra	DIMENSIONES (cm)			CARGA (kg-f)	
		LARGO	ANCHO	ALTO		
	1	23.60	11.75	9.00	29040	
	2	23.65	11.80	8.95	34700	
	3	23.60	11.70	8.85	29210	
	4	23.70	11.75	9.00	30780	
	5	23.65	11.70	8.80	33770	
	6	23.55	11.85	8.90	29640	
	7	23.60	11.75	8.80	33480	
	8	23.70	11.80	9.00	28450	
	9	23.65	11.85	8.95	31450	
	10	23.70	11.75	9.00	29610	
		Dosificación		% PET 67%	% A. Gr. 33%	
	N° de Muestra	DIMENSIONES (cm)			CARGA (kg-f)	
		LARGO	ANCHO	ALTO		
	1	23.85	11.90	8.90	26940	
	2	23.70	11.80	9.00	28690	
	3	23.80	11.95	8.85	32730	
	4	23.75	11.95	9.00	27400	
	5	23.85	11.80	8.95	28410	
	6	23.95	11.95	9.00	29500	
	7	23.90	11.80	8.95	27710	
	8	23.85	11.90	9.00	28640	
	9	23.70	11.95	8.85	27810	
	10	23.95	11.95	8.90	26770	

3.6 Procedimientos de análisis de datos

3.6.1 Medición de emisiones de gases del PET

$$\mu\text{s} / \text{m}^3 = P \times t \times \left(\frac{10^6}{24.5} \right)$$

PPM = Partes por millon
 / ^3 = Micro gramos por metro cubico
 PM = Peso molecular (g/mol)

Tabla 22 Pesos moleculares de elementos registrados

CONVERSION A / 3	
Gas	Peso Molecular PM
Monóxido de carbono (CO)	28.01 g/mol
Ácido sulfhídrico (H2S)	34.10 g/mol
Dióxido de nitrógeno (NO2)	46.10 g/mol

Tabla 23 Conversión de PPM a µg/m3 de

Gas	Tiempo	/ 3
Monóxido de carbono (CO)	0 min.	0
	1 min.	0
	2 min.	0
	3 min.	0
	4 min.	0
	5 min.	5716.33
	6 min.	8002.86
	7 min.	13719.18
	8 min.	43444.08
	9 min.	64022.86
10 min.	45730.61	

Gas	Tiempo	/ 3
Ácido sulfhídrico (H2S)	0 min.	0
	1 min.	0
	2 min.	0
	3 min.	0
	4 min.	0
	5 min.	0
	6 min.	0
	7 min.	0
	8 min.	0
	9 min.	0
10 min.	0	

Gas	Tiempo	/ 3
Dióxido de nitrógeno (NO2)	0 min.	0
	1 min.	0
	2 min.	0
	3 min.	0
	4 min.	0
	5 min.	0
	6 min.	0
	7 min.	0
	8 min.	0
	9 min.	0
10 min.	0	

J) **Análisis de resultados**

Tabla 24 Tablas de estándares de calidad del aire de los elementos registrados.

Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m³]	Criterios de evaluación	Método de análisis ⁽¹⁾
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Tabla 25 Máximos permisibles según los ECA del aire

Gas	Tiempo	/ 3	C°	Maximo Permissible en 1 hora	
Monóxido de carbono (CO)	0 min.	0.00	18.6	30000	CUMPLE
	1 min.	0.00	42.1	30000	CUMPLE
	2 min.	0.00	95.2	30000	CUMPLE
	3 min.	0.00	135.1	30000	CUMPLE
	4 min.	0.00	191.3	30000	CUMPLE
	5 min.	5716.33	240.1	30000	CUMPLE
	6 min.	8002.86	250.2	30000	CUMPLE
	7 min.	13719.18	272.3	30000	CUMPLE
	8 min.	43444.08	295.1	30000	NO CUMPLE
	9 min.	64022.86	330.4	30000	NO CUMPLE
10 min.	45730.61	350.1	30000	NO CUMPLE	

En las dosificaciones realizadas mientras no se exceda la temperatura de 240°C la emisión de gases es considerada nula ya que antes de esa temperatura la máquina no detecto CO (monóxido de carbono), y cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM).

3.6.2 Variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET

Se obtuvo la variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET con la siguiente fórmula para todas las dosificaciones, con los datos que se presentan en las tablas que recolectaron los datos:

$$V \quad D_i \quad (\%) = \frac{(D_i \quad \text{ón} \quad d \quad F \quad . - D_i \quad \text{ón} \quad R \quad)}{D_i \quad \text{ón} \quad R} \times 100\%$$

- ✓ Dimensión de Fabri.: Dimensión de fabricación de ladrillo de arena gruesa y PET.
- ✓ Dimensión Real: Dimensión real de ladrillo de arena gruesa y PET.

Tabla 26 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 100%: arena gruesa 0% para largo

Dosificación		% PET 100%		% A. Gr. 0%	
RESULTADOS:					
LADRILLO	LARGO (mm)			% DE VARIACION	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	240.00	233.50	6.50	2.71	0.26
2	240.00	234.50	5.50	2.29	
3	240.00	233.00	7.00	2.92	
4	240.00	233.50	6.50	2.71	
5	240.00	234.00	6.00	2.50	
6	240.00	233.00	7.00	2.92	
7	240.00	232.50	7.50	3.13	
8	240.00	234.50	5.50	2.29	
9	240.00	234.00	6.00	2.50	
10	240.00	233.20	6.80	2.83	
Promedio		233.57	6.43	2.68	

Tabla 27 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 100%: arena gruesa 0% para ancho

LADRILLO	ANCHO (mm)			% DE VARIACION	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	120.00	118.00	2.00	1.67	0.52
2	120.00	117.50	2.50	2.08	
3	120.00	118.00	2.00	1.67	
4	120.00	116.50	3.50	2.92	
5	120.00	118.00	2.00	1.67	
6	120.00	117.50	2.50	2.08	
7	120.00	118.00	2.00	1.67	
8	120.00	116.50	3.50	2.92	
9	120.00	117.50	2.50	2.08	
10	120.00	118.50	1.50	1.25	
Promedio		117.60	2.40	2.00	

Tabla 28 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 100%: arena gruesa 0% para alto

LADRILLO	ALTURA (mm)			% DE VARIACION	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	90.00	89.50	0.50	0.56	0.72
2	90.00	88.00	2.00	2.22	
3	90.00	88.00	2.00	2.22	
4	90.00	88.50	1.50	1.67	
5	90.00	89.00	1.00	1.11	
6	90.00	89.50	0.50	0.56	
7	90.00	88.00	2.00	2.22	
8	90.00	87.50	2.50	2.78	
9	90.00	88.50	1.50	1.67	
10	90.00	89.00	1.00	1.11	
Promedio		88.55	1.45	1.61	

Tabla 29 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 80%: arena gruesa 20% para largo

Dosificación	% PET 80%	% A. Gr. 20%
--------------	-----------	--------------

RESULTADOS:

LADRILLO	LARGO (mm)			% DE VARIACION	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	240.00	236.00	4.00	1.67	0.20
2	240.00	236.50	3.50	1.46	
3	240.00	236.00	4.00	1.67	
4	240.00	237.00	3.00	1.25	
5	240.00	236.50	3.50	1.46	
6	240.00	235.50	4.50	1.88	
7	240.00	236.00	4.00	1.67	
8	240.00	237.00	3.00	1.25	
9	240.00	236.50	3.50	1.46	
10	240.00	237.00	3.00	1.25	
Promedio		236.40	3.60	1.50	



Tabla 30 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 80%: arena gruesa 20% para ancho

LADRILLO	ANCHO (mm)			% DE VARIACION	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	120.00	117.50	2.50	2.08	0.42
2	120.00	118.00	2.00	1.67	
3	120.00	117.00	3.00	2.50	
4	120.00	117.50	2.50	2.08	
5	120.00	117.00	3.00	2.50	
6	120.00	118.50	1.50	1.25	
7	120.00	117.50	2.50	2.08	
8	120.00	118.00	2.00	1.67	
9	120.00	118.50	1.50	1.25	
10	120.00	117.50	2.50	2.08	
Promedio		117.70	2.30	1.92	

Tabla 31 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 80%: arena gruesa 20% para altura

LADRILLO	ALTURA (mm)			% DE VARIACION	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	90.00	90.00	0.00	0.00	0.87
2	90.00	89.50	0.50	0.56	
3	90.00	88.50	1.50	1.67	
4	90.00	90.00	0.00	0.00	
5	90.00	88.00	2.00	2.22	
6	90.00	89.00	1.00	1.11	
7	90.00	88.00	2.00	2.22	
8	90.00	90.00	0.00	0.00	
9	90.00	89.50	0.50	0.56	
10	90.00	90.00	0.00	0.00	
Promedio		89.25	0.75	0.83	



Tabla 32 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 67%: arena gruesa 33% para largo

Dosificación		% PET 67%		% A. Gr. 33%	
RESULTADOS:					
LADRILLO	LARGO (mm)			% DE VARIACION	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	240.00	238.50	1.50	0.63	0.36
2	240.00	237.00	3.00	1.25	
3	240.00	238.00	2.00	0.83	
4	240.00	237.50	2.50	1.04	
5	240.00	238.50	1.50	0.63	
6	240.00	239.50	0.50	0.21	
7	240.00	239.00	1.00	0.42	
8	240.00	238.50	1.50	0.63	
9	240.00	237.00	3.00	1.25	
10	240.00	239.50	0.50	0.21	
Promedio		238.30	1.70	0.71	

Tabla 33 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 67%: arena gruesa 33% para ancho

LADRILLO	ANCHO (mm)			% DE VARIACION	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	120.00	119.00	1.00	0.83	0.54
2	120.00	118.00	2.00	1.67	
3	120.00	119.50	0.50	0.42	
4	120.00	119.50	0.50	0.42	
5	120.00	118.00	2.00	1.67	
6	120.00	119.50	0.50	0.42	
7	120.00	118.00	2.00	1.67	
8	120.00	119.00	1.00	0.83	
9	120.00	119.50	0.50	0.42	
10	120.00	119.50	0.50	0.42	
Promedio		118.95	1.05	0.88	

Tabla 34 Resultados de ensayo de variación dimensional para una dosificación de PET 67%: arena gruesa 33% para alto

LADRILLO	ALTURA (mm)			% DE VARIACION	DESVIACIÓN ESTANDAR
	FABRICACIÓN	REAL	VARIACIÓN		
1	90.00	89.00	1.00	1.11	0.65
2	90.00	90.00	0.00	0.00	
3	90.00	88.50	1.50	1.67	
4	90.00	90.00	0.00	0.00	
5	90.00	89.50	0.50	0.56	
6	90.00	90.00	0.00	0.00	
7	90.00	89.50	0.50	0.56	
8	90.00	90.00	0.00	0.00	
9	90.00	88.50	1.50	1.67	
10	90.00	89.00	1.00	1.11	
Promedio		89.40	0.60	0.67	

) **Análisis de resultados:**

Tabla 35 Variación dimensional promedio en mm

Variación dimensional promedio (mm)			
Dosificación	LARGO	ANCHO	ALTURA
PET 100%: Arena Gruesa 0%	6.43	2.40	1.45
PET 80%: Arena Gruesa 20%	3.60	2.30	0.75
PET 67%: Arena Gruesa 33%	1.70	1.05	0.60

Tabla 36 Variación dimensional promedio en porcentaje

Variación dimensional promedio %			
Dosificación	LARGO	ANCHO	ALTURA
PET 100%: Arena Gruesa 0%	2.68	2.00	1.61
PET 80%: Arena Gruesa 20%	1.50	1.92	0.83
PET 67%: Arena Gruesa 33%	0.71	0.88	0.67

Se puede apreciar que los ladrillos de arena gruesa y PET tienen diferentes tipos de variación dimensional dependiendo de la dosificación, los ladrillos que cumplen con la máxima variación en porcentaje según la Norma Técnica Peruana E.070 es el ladrillo de porcentajes de PET 80%: arena gruesa 20% y PET 67%: arena gruesa 33% que cumplen con la variación de largo (± 2), ancho (± 4) y de alto (± 3).

3.6.3 Alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET

Se obtuvo el alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET con la siguiente fórmula para todas las dosificaciones, con los datos que se presentan en las tablas que recolectaron los datos:

$$A(m) = P \left[\sum \left(\frac{D_{1r} + D_{2r}}{2} \right) + \sum \left(\frac{D_{1t} + D_{2t}}{2} \right) \right]$$

- ✓ Dia1r: Diagonal 1 de la cara superior del ladrillo de arena gruesa y PET
- ✓ Dia2r: Diagonal 2 de la cara superior del ladrillo de arena gruesa y PET
- ✓ Dia1t: Diagonal 1 de la cara inferior del ladrillo de arena gruesa y PET
- ✓ Dia2t: Diagonal 2 de la cara inferior del ladrillo de arena gruesa y PET

Tabla 37 Resultados de ensayo de alabeo para una dosificación de PET 100%: arena gruesa 0%

Dosificación		% PET 100%		% A. Gr. 0%		
RESULTADOS:						
LADRILLO	Cara Superior		Cara Inferior		PROMEDIO (mm)	DESVIACION ESTANDAR σ
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)		
1	2.25	0.00	0.00	1.25	1.75	0.12
2	2.00	0.00	0.00	1.75	1.875	
3	2.25	0.00	0.00	1.75	2	
4	2.25	0.00	0.00	2.00	2.125	
5	2.50	0.00	0.00	1.00	1.75	
6	2.25	0.00	0.00	1.25	1.75	
7	2.00	0.00	0.00	1.75	1.875	
8	2.25	0.00	0.00	1.50	1.875	
9	2.00	0.00	0.00	1.50	1.75	
10	2.75	0.00	0.00	1.00	1.875	

Tabla 38 Resultados de ensayo de alabeo para una dosificación de PET 80%: arena gruesa 20%

Dosificación		% PET 80%		% A. Gr. 20%		
RESULTADOS:						
LADRILLO	Cara Superior		Cara Inferior		PROMEDIO (mm)	DESVIACION ESTANDAR σ
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)		
1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.47
2	0.95	0.00	0.00	0.50	0.725	
3	0.50	0.00	0.00	0.25	0.375	
4	0.50	0.00	0.00	2.75	1.625	
5	0.75	0.00	0.00	1.75	1.25	
6	0.75	0.00	0.00	0.00	0.375	
7	0.75	0.00	0.00	0.75	0.75	
8	0.75	0.00	0.00	0.25	0.5	
9	0.75	0.00	0.00	2.50	1.625	
10	0.75	0.00	0.00	1.75	1.25	

Tabla 39 Resultados de ensayo de alabeo para una dosificación de PET 67%: arena gruesa 33%

Dosificación		% PET 67%		% A. Gr. 33%		
RESULTADOS:						
LADRILLO	Cara Superior		Cara Inferior		PROMEDIO (mm)	DESVIACION ESTANDAR σ
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)		
1	0.00	0.00	0.00	0.25	0.125	0.42
2	0.25	0.00	0.00	0.25	0.25	
3	0.50	0.00	0.00	0.00	0.25	
4	0.50	0.00	0.00	0.00	0.25	
5	0.00	0.00	0.00	2.50	1.25	
6	0.00	0.00	0.00	0.25	0.125	
7	0.25	0.00	0.00	0.25	0.25	
8	0.50	0.00	0.00	0.00	0.25	
9	0.50	0.00	0.00	0.00	0.25	
10	0.00	0.00	0.00	2.50	1.25	

) **Análisis de resultados:**

Tabla 40 Resultado de alabeo promedio

Dosificación	Alabeo promedio (mm)
PET 100%: Arena Gruesa 0%	1.86
PET 80%: Arena Gruesa 20%	0.90
PET 67%: Arena Gruesa 33%	0.43

Se puede observar que el alabeo se reduce a medida que se aumenta la cantidad de arena gruesa siendo el alabeo mayor cuando el PET es el 100% de la dosificación y el menor alabeo se obtuvo cuando se puso la menor cantidad de PET de 67%.

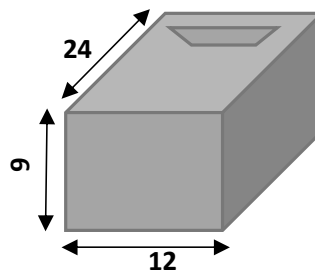
En todas las dosificaciones se obtuvo un alabeo aceptable que cumple con la Norma Técnica Peruana E.070 para un ladrillo IV no mayor a 4mm.

3.6.4 Densidad de los ladrillos de arena gruesa y PET

Se obtuvo la densidad de los ladrillos de arena gruesa y PET con la siguiente fórmula para todas las dosificaciones, con los datos que se presentan en las tablas que recolectaron los datos:

$$D \quad \left(\frac{g}{c^3} \right) = \frac{P(g)}{((L \times A \times H) - E)}$$

Figura 48: Dimensiones de fabricación de ladrillo de PET y arena gruesa



- ✓ P (gr): Peso del ladrillo de arena gruesa y PET en gramos.
- ✓ L: Largo del ladrillo de arena gruesa y PET en cm.
- ✓ A: Ancho del ladrillo de arena gruesa y PET en cm.
- ✓ H: Alto del ladrillo de arena gruesa y PET en cm.
- ✓ E: Hendidura de fabricación del ladrillo en cm³.

Tabla 41 Resultados de ensayo de densidad para una dosificación de PET 100%: arena gruesa 0%

Dosificación		% PET 100%	% A. Gr. 0%	
LADRILLO	PESO (gr)	VOLUMEN (cm3)	Densidad (gr/cm3)	DESVIACION ESTANDAR σ
1	2380.90	2346.99	1.01	0.05
2	2414.30	2305.73	1.05	
3	2148.90	2300.47	0.93	
4	2125.70	2288.44	0.93	
5	2356.70	2338.47	1.01	
6	2379.20	2331.29	1.02	
7	2432.10	2295.28	1.06	
8	2124.90	2271.43	0.94	
9	2132.70	2314.31	0.92	
10	2347.70	2340.44	1.00	

Tabla 42 Resultados de ensayo de densidad para una dosificación de PET 80%: arena gruesa 20%

Dosificación		% PET 80%	% A. Gr. 20%	
LADRILLO	PESO (gr)	VOLUMEN (cm3)	Densidad (gr/cm3)	DESVIACION ESTANDAR σ
1	4511.60	2376.70	1.90	0.05
2	4525.40	2378.68	1.90	
3	4451.50	2324.66	1.91	
4	4258.80	2387.28	1.78	
5	4535.70	2316.00	1.96	
6	4433.20	2364.70	1.87	
7	4525.40	2321.24	1.95	
8	4621.40	2397.94	1.93	
9	4314.20	2389.26	1.81	
10	4562.70	2387.28	1.91	

Tabla 43 Resultados de ensayo de densidad para una dosificación de PET 67%: arena gruesa 33%

Dosificación	% PET 67%	% A. Gr. 33%		
LADRILLO	PESO (gr)	VOLUMEN (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	DESVIACION ESTANDAR σ
1	4739.80	2406.95	1.97	0.05
2	4879.60	2397.94	2.03	
3	4994.50	2398.03	2.08	
4	4673.10	2435.31	1.92	
5	4779.40	2399.80	1.99	
6	4699.80	2456.82	1.91	
7	4797.40	2405.08	1.99	
8	4917.30	2435.34	2.02	
9	4664.10	2387.45	1.95	
10	4689.50	2428.20	1.93	

) **Análisis de resultados:**Tabla 44 Resultados promedio de peso y de densidad en gr/m³

Dosificación	Peso promedio (gr)	Densidad promedio (gr/cm ³)
PET 100%: Arena Gruesa 0%	2284.31	0.99
PET 80%: Arena Gruesa 20%	4473.99	1.89
PET 67%: Arena Gruesa 33%	4783.45	1.98

Se observa que los ladrillos de arena gruesa y PET que en su dosificación cuentan con 100% de PET son de menor densidad mientras que los ladrillos de arena gruesa y PET con cantidades de 20% y 33% de arena gruesa son de mayor densidad.

En comparación de ladrillos del mercado local se observa que la el ladrillo de arena gruesa y PET de dosificación PET 100%: arena gruesa 0% es el de menor densidad que cualquier ladrillo del mercado local, y los ladrillos de dosificación PET 80%: arena gruesa 20% y PET 67%: arena gruesa 33% son de densidades similares a la de los ladrillos del mercado local.

3.6.5 Absorción de los ladrillos de arena gruesa y PET

Se obtuvo la densidad de los ladrillos de arena gruesa y PET con la siguiente fórmula para todas las dosificaciones, con los datos que se presentan en las tablas que recolectaron los datos:

$$A \quad \text{ón}(\%) = \frac{P \quad S \quad - P \quad S}{P \quad S} \times 100$$

- ✓ Peso Saturado: Peso de ladrillo sumergido por 24 horas y secado superficialmente.
- ✓ Peso Seco: Peso de ladrillo recién salido de la planta fabricación.

Tabla 45 Resultados de ensayo de absorción para una dosificación de PET 100%: arena gruesa 0%

Dosificación	% PET 100%	% A. Gr. 0%		
LADRILLO	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCIÓN %	DESVIACION ESTANDAR σ
1	2104.5	2039.2	3.20	0.56
2	2122.7	2026.1	4.77	
3	2291.1	2201.4	4.07	
4	2242.9	2156.2	4.02	
5	2214.5	2149.3	3.03	
6	2410.4	2335.1	3.22	
7	2298.1	2214.6	3.77	
8	2254.3	2169.7	3.90	
9	2298.9	2236.7	2.78	
10	2254.7	2178.4	3.50	

Tabla 46 Resultados de ensayo de absorción para una dosificación de PET 80%: arena gruesa 20%

Dosificación	% PET 80%	% A. Gr. 20%		
LADRILLO	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCIÓN %	DESVIACION ESTANDAR σ
1	4184.40	4128.20	1.36	0.20
2	4670.7	4632.6	0.82	
3	4581.4	4536.1	1.00	
4	4327.2	4278.9	1.13	
5	4473.9	4417.4	1.28	
6	4521.7	4487.3	0.77	
7	4324.5	4267.2	1.34	
8	4584.3	4538.1	1.02	
9	4396.4	4359.1	0.86	
10	4526.7	4478.2	1.08	

Tabla 47 Resultados de ensayo de absorción para una dosificación de PET 67%: arena gruesa 33%

Dosificación	% PET 67%	% A. Gr. 33%		
LADRILLO	PESO SATURADO (gr)	PESO SECO (gr)	ABSORCIÓN %	DESVIACION ESTANDAR σ
1	4925.60	4892.70	0.67	0.11
2	4797.7	4760.7	0.78	
3	4546.1	4511.6	0.76	
4	4754.8	4719.2	0.75	
5	4607.4	4585.1	0.49	
6	4847.7	4814.9	0.68	
7	4606.2	4569.3	0.81	
8	4822.1	4796.1	0.54	
9	4879.5	4843.8	0.74	
10	4770.6	4731.5	0.83	

) Análisis de resultados

Tabla 48 Resultados de absorción promedio.

Dosificación	Absorción promedio %
PET 100%: Arena Gruesa 0%	3.63
PET 80%: Arena Gruesa 20%	1.07
PET 67%: Arena Gruesa 33%	0.70

La absorción en los ladrillos de arena gruesa y PET es relativamente mínima ya que mayormente es un ladrillo de PET, en el ladrillo de dosificación PET 100%: arena gruesa 0% tiene mayor absorción de humedad que las otras dosificaciones pero es considerada aceptable por la Norma Técnica Peruana E.070, que indica para ladrillos de arcilla o sílice se es aceptable una absorción menor a 22% y para bloques de concreto entre 12% a 15%.

3.6.6 Resistencia a la compresión de los ladrillos de arena gruesa y PET

Se obtuvo la resistencia a la compresión de los ladrillos de arena gruesa y PET con la siguiente fórmula para todas las dosificaciones, con los datos que se presentan en las tablas que recolectaron los datos:

$$R = \frac{C}{L \times A} \left(\frac{k_c}{2} \right)$$

- ✓ L: Largo de ladrillos de arena gruesa y PET en cm
- ✓ A: Ancho de ladrillos de arena gruesa y PET en cm

Tabla 49 Resultados de ensayo de resistencia la compresión para una dosificación de PET 100%: arena gruesa 0%

Dosificación	% PET 100%	% A. Gr. 0%		
LADRILLO	CARGA (kg-f)	AREA (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR σ
1	15210.00	275.53	55.20	4.56
2	13840.00	275.54	50.23	
3	16670.00	274.94	60.63	
4	13740.00	272.03	50.51	
5	12980.00	276.12	47.01	
6	15670.00	273.78	57.24	
7	14780.00	274.35	53.87	
8	15670.00	273.19	57.36	
9	16670.00	274.95	60.63	
10	13640.00	276.34	49.36	

Tabla 50 Resultados de ensayo de resistencia la compresión para una dosificación de PET 80%: arena gruesa 20%

Dosificación	% PET 80%	% A. Gr. 20%		
LADRILLO	CARGA (kg-f)	AREA (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR σ
1	29040.00	277.30	104.72	7.69
2	34700.00	279.07	124.34	
3	29210.00	276.12	105.79	
4	30780.00	278.48	110.53	
5	33770.00	276.71	122.04	
6	29640.00	279.07	106.21	
7	33480.00	277.30	120.74	
8	28450.00	279.66	101.73	
9	31450.00	280.25	112.22	
10	29610.00	278.48	106.33	

Tabla 51 Resultados de ensayo de resistencia a la compresión para una dosificación de PET 67%: arena gruesa 33%

Dosificación	% PET 67%	% A. Gr. 33%		
LADRILLO	CARGA (kg-f)	AREA (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DESVIACION ESTANDAR σ
1	26940.00	283.82	94.92	5.74
2	28690.00	279.66	102.59	
3	32730.00	284.41	115.08	
4	27400.00	283.81	96.54	
5	28410.00	281.43	100.95	
6	29500.00	286.20	103.07	
7	27710.00	282.02	98.26	
8	28640.00	283.82	100.91	
9	27810.00	283.22	98.19	
10	26770.00	286.20	93.54	

) Análisis de resultados

Tabla 52 Resultados de resistencia a compresión promedio

Dosificación	Resistencia promedio(kg/cm ²)
PET 100%: Arena Gruesa 0%	54.20
PET 80%: Arena Gruesa 20%	111.47
PET 67%: Arena Gruesa 33%	100.41

Los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión nos muestran que los ladrillos con dosificación de PET 100%: arena gruesa 0% son de menor resistencia a la compresión y los ladrillos de PET 80%: arena gruesa 20% y PET 67%: arena gruesa 33% son los de mayor resistencia a la compresión teniendo un promedio de 111.47 según la Norma Técnica Peruana E.070 clasifica como un ladrillo III.

3.6.7 Análisis de la confiabilidad

Para encontrar la confiabilidad de los resultados se utilizará el Alfa de Cronbach, mediante la varianza de los resultados hallados.

El alfa de Cronbach permite cuantificar el nivel de fiabilidad de una escala de medida para la magnitud inobservable construida a partir de las variables observadas.

Se elaborará el análisis para la resistencia a la compresión de los ladrillos de arena gruesa y PET, teniendo en cuenta que los resultados hallados generaron una dispersión de valores amplia, y se calculara el Alfa de Cronbach a partir de la siguiente formula:

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \times \left[1 - \frac{\sum_i V}{V} \right]$$

Contando que como criterio general se sugiere que para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach se tome en cuenta:

Figura 49 Criterio de alfa de Cronbach para ver fiabilidad de datos

- Coeficiente alfa >.9 es excelente
- Coeficiente alfa >.8 es bueno
- Coeficiente alfa >.7 es aceptable
- Coeficiente alfa >.6 es cuestionable
- Coeficiente alfa >.5 es pobre
- Coeficiente alfa <.5 es inaceptable

Fuente: (Cronbach, 1951)

Tabla 53 Cálculo de alfa de Cronbach para el ensayo de resistencia a la compresión.

LADRILLOS	PET 100%: Arena Gruesa 0%	PET 80%: Arena Gruesa 20%	PET 67%: Arena Gruesa 33%	VARIANZA (Vi)
1	55.20	104.72	94.92	687.67
2	50.23	124.34	102.59	1451.23
3	60.63	105.79	115.08	848.35
4	50.51	110.53	96.54	986.20
5	47.01	122.04	100.95	1497.46
6	57.24	106.21	103.07	751.56
7	53.87	120.74	98.26	1157.64
8	57.36	101.73	100.91	644.38
9	60.63	112.22	98.19	711.58
10	49.36	106.33	93.54	893.46
Σ	542.04	1114.65	1004.05	



k	10
$\sum V_i$	9629.53
V_t	92262.84

α	0.99514371
----------	------------

Al obtener el Alfa de Cronbach se puede inferir que el coeficiente Alfa es “>9”, y nos indica que la confiabilidad de los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de arena gruesa y PET es excelente, haciendo que no sea necesario analizar la confiabilidad de los demás resultados calculados en los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción y densidad.

Capítulo IV: RESULTADOS

4.1 Resultado de medición de emisiones de gases del PET

Tabla 54 Resultados obtenidos del ensayo de emisión de gases para una dosificación PET 100%: arena gruesa 0% en función al tiempo y comparado con las tablas ECA del aire

Dosificación		% PET 100%	% A. Gr. 0%				
RESULTADOS:							
Gas	Tiempo	/ 3	C°	PESO PROMEDIO	/ 3 para 1 ladrillo	Maximo Permisible en 1 hora	
Monóxido de carbono (CO)	0 min.	0.00	18.6	2284.31	0	30000	CUMPLE
	1 min.	0.00	42.1	2284.31	0	30000	CUMPLE
	2 min.	0.00	95.2	2284.31	0	30000	CUMPLE
	3 min.	0.00	135.1	2284.31	0	30000	CUMPLE
	4 min.	0.00	191.3	2284.31	0	30000	CUMPLE
	5 min.	5716.33	240.1	2284.31	932704.4184	30000	NO CUMPLE
	6 min.	8002.86	250.2	2284.31	1305786.186	30000	NO CUMPLE
	7 min.	13719.18	272.3	2284.31	2238490.604	30000	NO CUMPLE
	8 min.	43444.08	295.1	2284.31	7088553.58	30000	NO CUMPLE
	9 min.	64022.86	330.4	2284.31	10446289.49	30000	NO CUMPLE
10 min.	45730.61	350.1	2284.31	7461635.347	30000	NO CUMPLE	

Tabla 55 Gráfico de temperatura y emisiones de CO en µg/m3 para una dosificación PET 100%: arena gruesa 0% por ladrillo

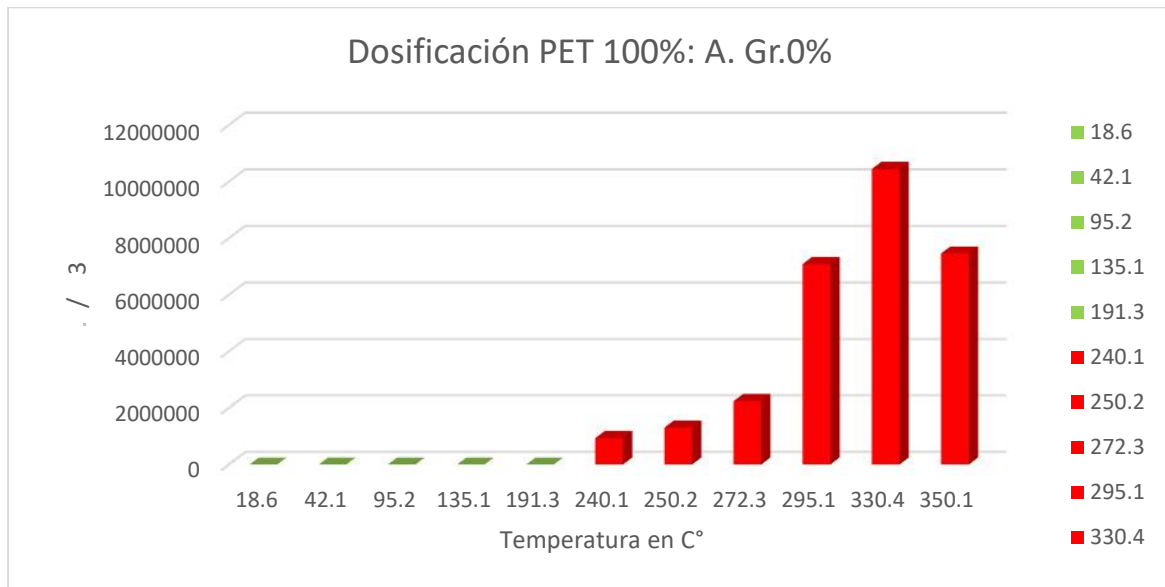


Tabla 56 Resultados obtenidos del ensayo de emisión de gases para una dosificación PET 80%: arena gruesa 20% en función al tiempo y comparado con las tablas ECA del aire

Dosificación		% PET 80%	% A. Gr. 20%				
RESULTADOS:							
Gas	Tiempo	/ 3	C°	PESO PROMEDIO	/ 3 para 1 ladrillo	Maximo Permissible en 1 hora	
Monóxido de carbono (CO)	0 min.	0.00	18.6	4473.99	0	30000	CUMPLE
	1 min.	0.00	42.1	4473.99	0	30000	CUMPLE
	2 min.	0.00	95.2	4473.99	0	30000	CUMPLE
	3 min.	0.00	135.1	4473.99	0	30000	CUMPLE
	4 min.	0.00	191.3	4473.99	0	30000	CUMPLE
	5 min.	5716.33	240.1	4473.99	1826770.552	30000	NO CUMPLE
	6 min.	8002.86	250.2	4473.99	2557478.773	30000	NO CUMPLE
	7 min.	13719.18	272.3	4473.99	4384249.326	30000	NO CUMPLE
	8 min.	43444.08	295.1	4473.99	13883456.2	30000	NO CUMPLE
	9 min.	64022.86	330.4	4473.99	20459830.19	30000	NO CUMPLE
10 min.	45730.61	350.1	4473.99	14614164.42	30000	NO CUMPLE	

Tabla 57 Gráfico de temperatura y emisiones de CO en µg/m3 para una dosificación PET 80%: arena gruesa 20% por ladrillo

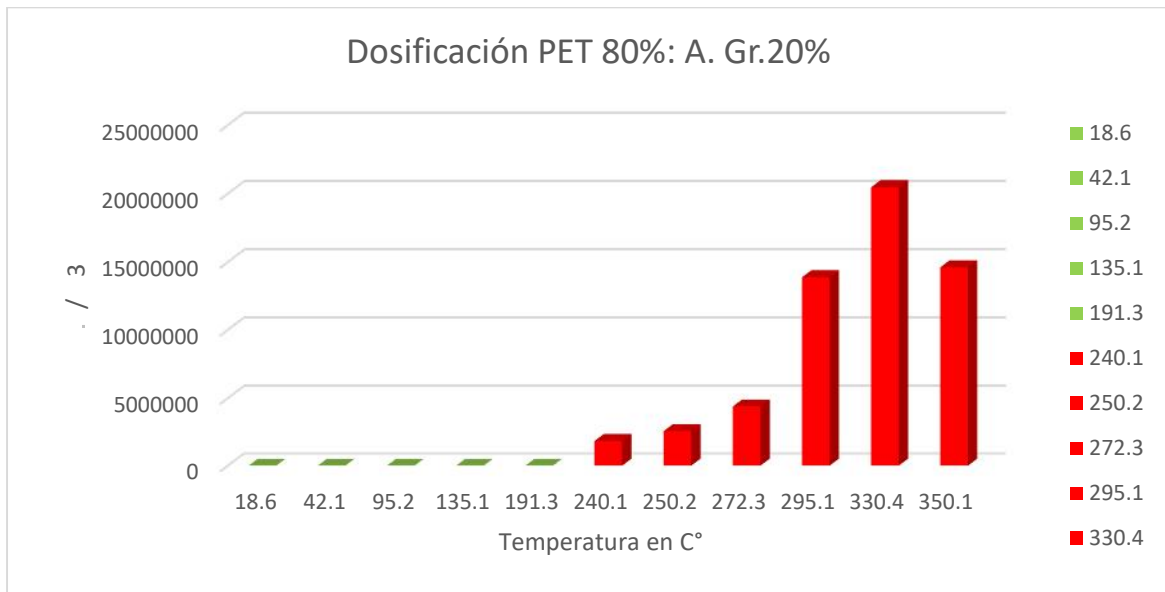
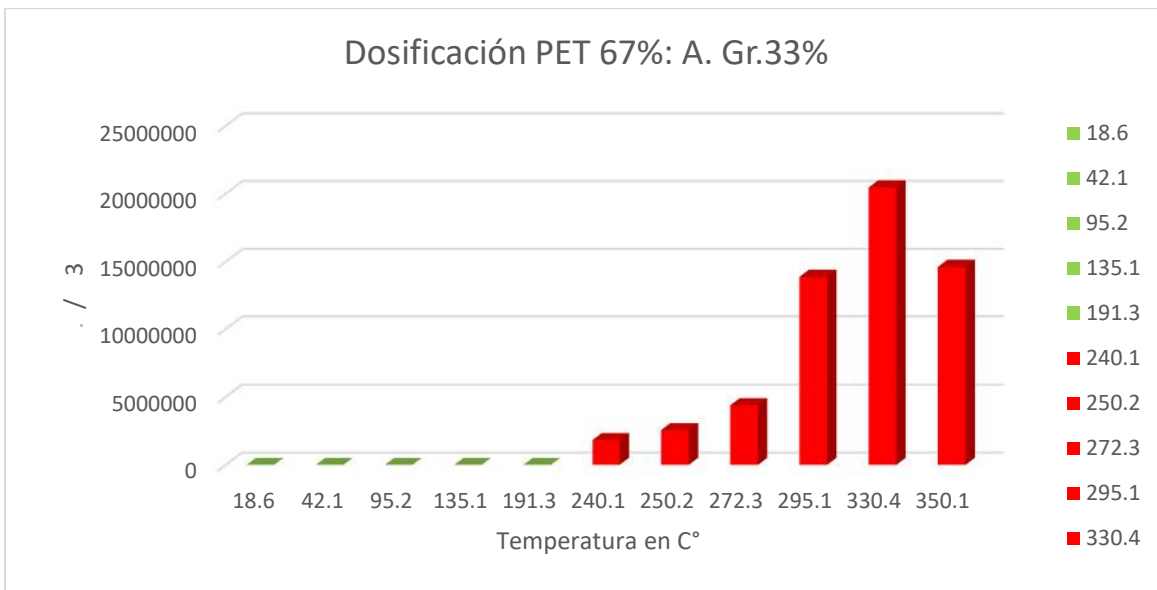


Tabla 58 Resultados obtenidos del ensayo de emisión de gases para una dosificación PET 67%: arena gruesa 33% en función al tiempo y comparado con las tablas ECA del aire

Dosificación		% PET 67%	% A. Gr. 33%				
RESULTADOS:							
Gas	Tiempo	/ 3	C°	PESO PROMEDIO	/ 3 para 1 ladrillo	Maximo Permisible en 1 hora	
Monóxido de carbono (CO)	0 min.	0.00	18.6	2284.31	0	30000	CUMPLE
	1 min.	0.00	42.1	2284.31	0	30000	CUMPLE
	2 min.	0.00	95.2	2284.31	0	30000	CUMPLE
	3 min.	0.00	135.1	2284.31	0	30000	CUMPLE
	4 min.	0.00	191.3	2284.31	0	30000	CUMPLE
	5 min.	5716.33	240.1	2284.31	932704.4184	30000	NO CUMPLE
	6 min.	8002.86	250.2	2284.31	1305786.186	30000	NO CUMPLE
	7 min.	13719.18	272.3	2284.31	2238490.604	30000	NO CUMPLE
	8 min.	43444.08	295.1	2284.31	7088553.58	30000	NO CUMPLE
	9 min.	64022.86	330.4	2284.31	10446289.49	30000	NO CUMPLE
10 min.	45730.61	350.1	2284.31	7461635.347	30000	NO CUMPLE	

Tabla 59 Gráfico de temperatura y emisiones de CO en µg/m3 para una dosificación PET 67%: arena gruesa 33% por ladrillo



Al observar las emisiones de gases y compararlas con las tablas ECA del aire se aprecia que: en las dosificaciones de PET 100%: Arena Gruesa 0%, PET 80%: arena gruesa 20% y PET 67%: arena gruesa 33% que al exceder la temperatura de 240.1 C° no cumple con los estándares de calidad ambiental del aire.

4.2 Variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET

Tabla 60 Resultados de variación dimensional promedio en milímetros

Variación dimensional promedio (mm)			
Dosificación	LARGO	ANCHO	ALTURA
PET 100%: Arena Gruesa 0%	6.43	2.40	1.45
PET 80%: Arena Gruesa 20%	3.60	2.30	0.75
PET 67%: Arena Gruesa 33%	1.70	1.05	0.60

Tabla 61 Resultados de variación dimensional promedio en porcentaje

Variación dimensional promedio %			
Dosificación	LARGO	ANCHO	ALTURA
PET 100%: Arena Gruesa 0%	2.68	2.00	1.61
PET 80%: Arena Gruesa 20%	1.50	1.92	0.83
PET 67%: Arena Gruesa 33%	0.71	0.88	0.67

Tabla 62 Gráfico de variación dimensional promedio en milímetros

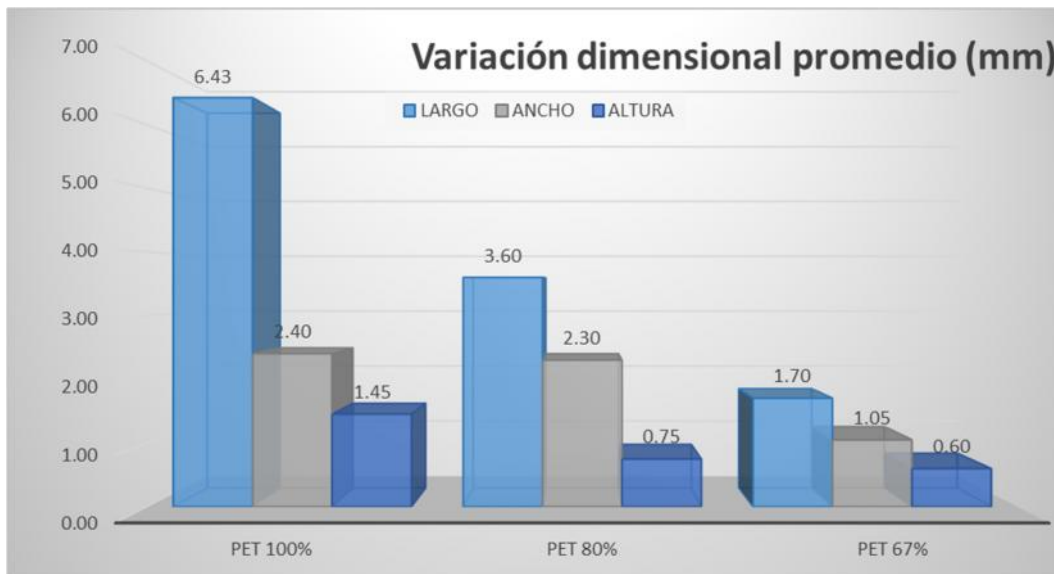
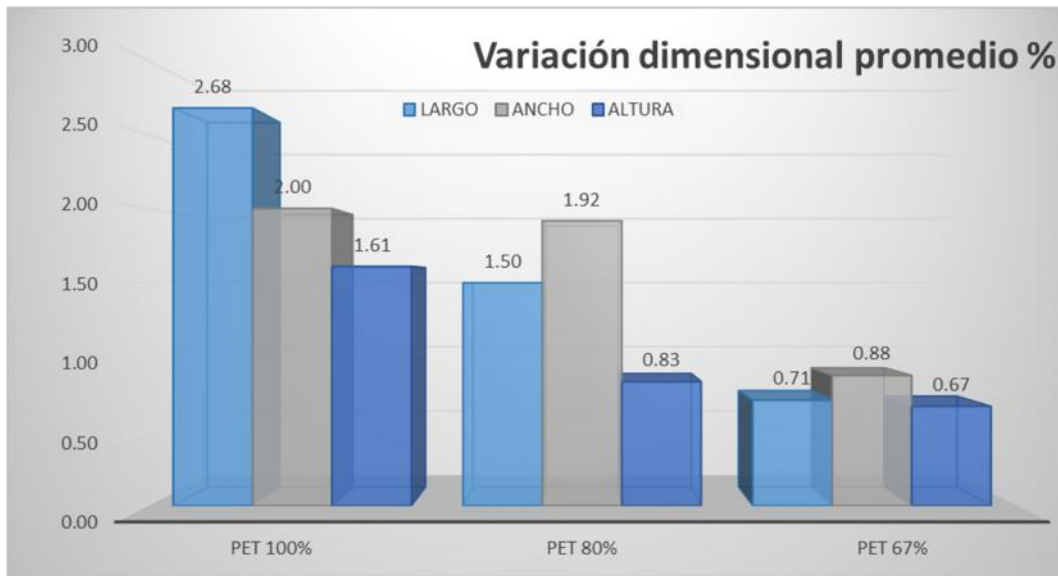


Tabla 63 Gráfico de variación dimensional promedio en porcentaje



El ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% muestra una variación dimensional a lo **LARGO** mayor a ± 2 , en el **ANCHO** cumple con una variación menor de ± 3 y en la **ALTURA** cumple con la variación menor de ± 4 , clasificando por **VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN** como un **ladrillo tipo III**.

Para el ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% muestra una variación dimensional a lo **LARGO** menor a ± 2 , en el **ANCHO** cumple con una variación menor de ± 3 y en la **ALTURA** cumple con la variación menor de ± 4 , clasificando por **VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN** como un **ladrillo tipo IV**.

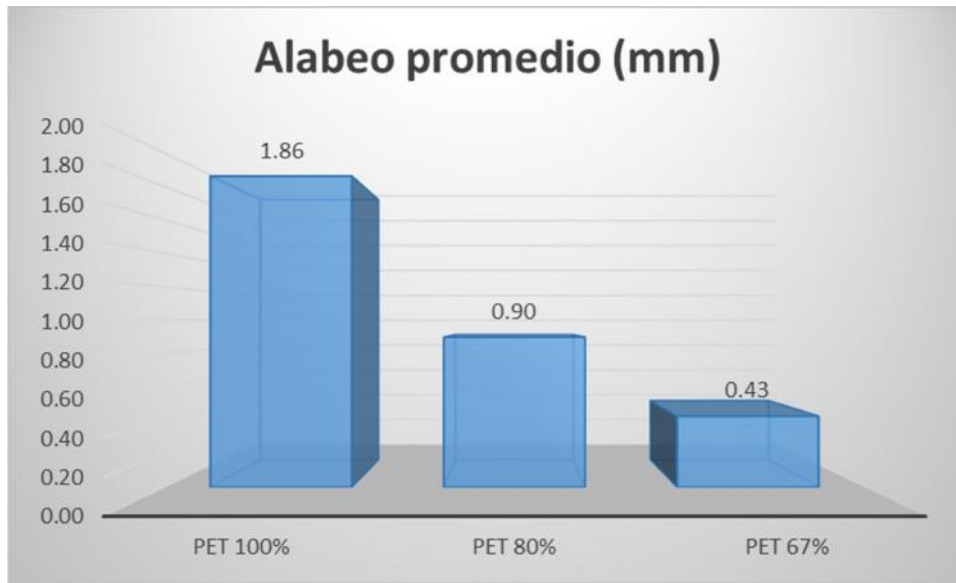
Para el ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33% muestra una variación dimensional a lo **LARGO** menor a ± 2 , en el **ANCHO** cumple con una variación menor de ± 3 y en la **ALTURA** cumple con la variación menor de ± 4 , clasificando por **VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN** como un **ladrillo tipo IV**.

4.3 Alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET

Tabla 64 Resultado de alabeo en milímetros

Dosificación	Alabeo promedio (mm)
PET 100%: Arena Gruesa 0%	1.86
PET 80%: Arena Gruesa 20%	0.90
PET 67%: Arena Gruesa 33%	0.43

Tabla 65 Gráfico de alabeo promedio en milímetros



El alabeo en el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% es menor al descrito en la Norma Técnica Peruana E0.70 de 4 milímetros como máximo y así mismo es para el ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% y el ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33%, clasificando a todos los ladrillos por **ALABEO** como un **ladrillo tipo IV**.

4.4 Densidad de los ladrillos de arena gruesa y PET

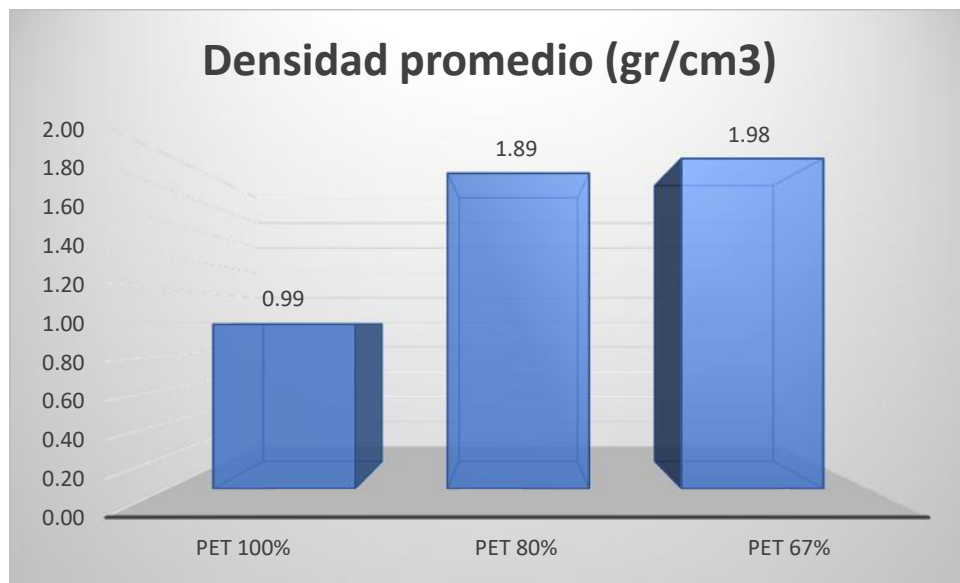
Tabla 66 Resultados de peso promedio gr y densidad promedio en gr/cm3

Dosificación	Peso promedio (gr)	Densidad promedio (gr/cm3)
PET 100%: Arena Gruesa 0%	2284.31	0.99
PET 80%: Arena Gruesa 20%	4473.99	1.89
PET 67%: Arena Gruesa 33%	4783.45	1.98

Tabla 67 Gráfico de peso promedio en gramos



Tabla 68 Gráfico de densidad promedio en gr/m3



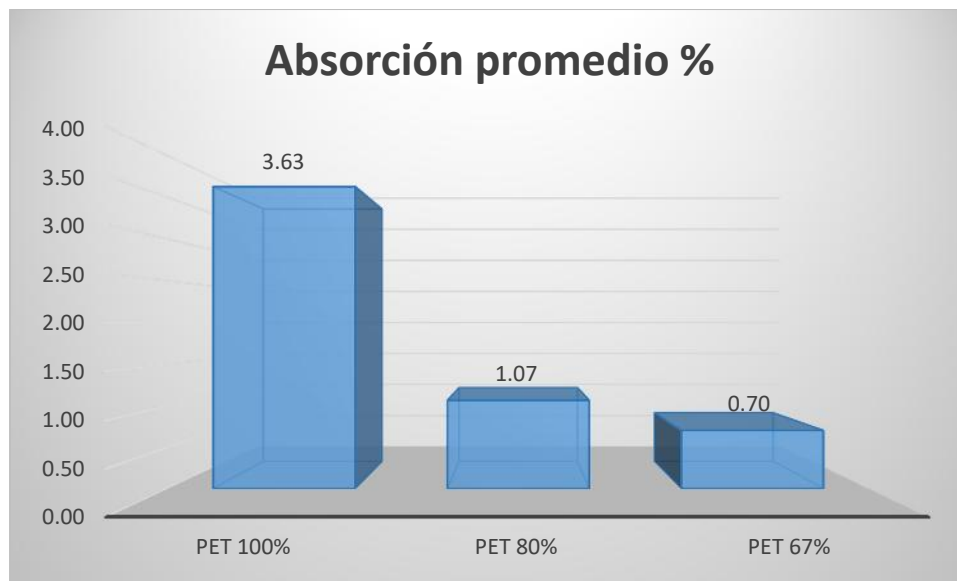
La densidad de los ladrillos de PET y arena gruesa se puede observar que el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% es el menos denso a comparación del ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% y el ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33%, se puede decir que a mayor porcentaje de arena gruesa mayor es la densidad del ladrillo.

4.5 Absorción de los ladrillos de arena gruesa y PET

Tabla 69 Resultados de absorción promedio en porcentaje y volumen promedio en cm³

Dosificación	Absorción promedio %	Volumen promedio cm ³
PET 100%: Arena Gruesa 0%	3.63	2313.29
PET 80%: Arena Gruesa 20%	1.07	2364.37
PET 67%: Arena Gruesa 33%	0.70	2415.09

Tabla 70 Gráfico de absorción promedio en porcentaje

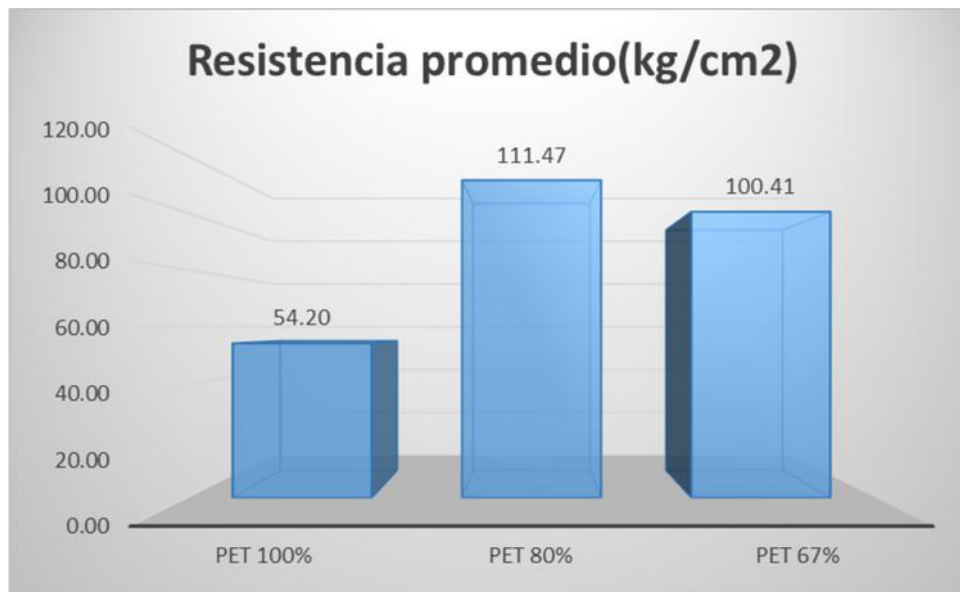


Para la absorción se nota de manera significativa que el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% tiene mayor absorción a los otros ladrillos, pero la absorción no puede ser comparada con los rangos de la Norma Técnica Peruana E0.70 ya que estos rangos son para unidades de arcilla y sílico calcáreas o bloques de concreto.

4.6 Resistencia a la compresión de los ladrillos de arena gruesa y PET

Tabla 71 Resultados de resistencia a compresión en kg/cm²

Dosificación	Resistencia promedio(kg/cm ²)
PET 100%: Arena Gruesa 0%	54.20
PET 80%: Arena Gruesa 20%	111.47
PET 67%: Arena Gruesa 33%	100.41

Tabla 72 Gráfico de resistencia a compresión en kg/cm²

En cuanto a la resistencia a la compresión ($f^{\prime}b$) de los ladrillos de PET y arena gruesa se puede observar que:

El ladrillo que el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% es el menos resistente clasificando por **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN** como un **ladrillo tipo I**.

El ladrillo que el ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% es el más resistente clasificando por **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN** como un **ladrillo tipo III**.

El ladrillo que el ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33% es la resistencia promedio clasificando por **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN** como un **ladrillo tipo III**.



Capítulo V: DISCUSIÓN

1. ¿Cuál es la relación que tiene la tesis realizada con los antecedentes de la investigación?

Las tesis de investigación citadas en el marco teórico como antecedentes nos dieron una muestra de los posibles usos y ciertas características que tiene el PET como elemento de construcción teniendo en cuenta que fue procesado de manera diferente a la investigación planteada, llegando a diferentes conclusiones sobre los ladrillos, pero buscando un enfoque que siempre busca reducir la contaminación creada por el PET a partir de sus productos, buscando reducir la densidad y tener una resistencia a la compresión aceptable.

2. ¿Cuáles fueron los criterios para elegir las dosificaciones?

Durante el diseño de la dosificación se experimentaron con diferentes volúmenes de PET y arena gruesa y se optó por el 100% de PET y 0% de arena gruesa ya que sería un control de cómo funciona el PET puro para ladrillos. Para la dosificación de 67% de PET y 33% de arena gruesa se tomó en cuenta que las dosificaciones por lo general en nuestro medio se hacen por volumen, por lo que en esta dosificación se usó una relación de 1:0.5, además que durante la experimentación se notó que esta dosificación contiene la cantidad máxima de arena gruesa que puede ser aglutinada por el PET durante su fabricación. Para la dosificación de 80% de PET y 20% de arena gruesa se usó una dosificación volumétrica de 1:0.25, teniendo en cuenta que es la mitad entre las dos dosificaciones máximas planteadas en un comienzo y crearía un patrón de crecimiento o decrecimiento.

3. ¿Por qué se optó por la forma de un ladrillo artesanal?

Al hacer los experimentos para tener el diseño de la dosificación del ladrillo se observó que existe una variación dimensional importante y para el desmolde, en caso de tener un ladrillo con huecos (King Kong, Pandereta, etc.), sería complicado desmoldar los ladrillos sin afectar su integridad, por lo que se optó por un ladrillo el cual tendría medidas de uso comercial de 24 x 12 x 9 y además tendría la forma de un ladrillo macizo muy usado en nuestro medio como es el ladrillo artesanal que cuenta con una calado.

**4. ¿Qué incidencia tiene la temperatura durante la fabricación?**

Al experimentar durante la fabricación se observó que al pasar de los 240 C° el PET se evapora y emite un gas por lo que se realizó un ensayo de control de emisión de gases en donde se obtuvo que el PET evaporado emite una cantidad muy alta de monóxido de carbono, y al revisar las tablas de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire-DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM se infiere que no es admisible superar los 240C° y solo estar en rangos de 220C° y 230C° para evitar la intoxicación por CO (monóxido de carbono).

5. ¿Cuál es la necesidad de utilizar arena gruesa para los ladrillos?

El PET es un material que a temperatura ambiente se mantiene en estado sólido y por consiguiente su enfriado post fabricación es instantánea al menos por el exterior del ladrillo y durante la fabricación se observó que los ladrillos de PET 100% siempre contaban con fisuras internas y mayor variación dimensionar que los ladrillos con porcentajes de arena, esto nos indica que la arena gruesa absorbe el calor y controla la variación volumétrica por temperatura (dilatación y contracción).

6. ¿Cuál es la importancia del tiempo de enfriado para desmolde?

Durante la fabricación se notó que el PET un material que se enfría instantáneamente al exterior del ladrillo pero interior mente el ladrillo aún sigue caliente y es moldeable, haciendo de estos factores que el ladrillo deba estar relativamente frío para ser desmoldado y no afectar la integridad del ladrillo, ya que cuando se desmoldó antes de tiempo el ladrillo fue fracturado en caso de los ladrillos con arena gruesa y en el caso de los ladrillos de 100% de PET se notó que el interior de los ladrillos aún estaba en estado líquido.

7. ¿Por qué es importante no usar cualquier método para acelerar el enfriamiento?

Durante los inicios de la investigación se observó que la existía una variación volumétrica significativa en partes puntuales del ladrillo, además que fue muy notoria la diferencia de fisuras internas que el ladrillo mostraba al ser enfriado con agua fría, hecho que no sucedió con los ladrillos que no utilizaron este método de enfriamiento y considerando que el PET es un material que es sólido a temperatura ambiente no es necesario utilizar medios externos para enfriar el ladrillo.



8. ¿Cuál es la relevancia que existe al fabricar este tipo de ladrillos en un ambiente como es el del Cusco?

Si tenemos en cuenta que la presión atmosférica en nuestro medio es menor a lugares más cercanos al nivel del mar, es preciso explicar que en lugares con menor presión atmosférica los elementos fundidos tienden a ser más porosos que los lugares cercanos al nivel del mar y con más presión atmosférica, mostrándose de manera muy notoria en los ladrillos de PET 100% la porosidad interna por falta de presión atmosférica.

9. ¿Cuál es el aporte que brinda la investigación?

Se notó que el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% es muy liviano a ser el ladrillo más poroso y con más fisuras internas haciendo de este ladrillo el de menor densidad y con menor resistencia a compresión, y por su composición porosa con fisuras internas hace de este ladrillo el que más absorbe humedad, por los factores de variación volumétrica por temperatura (dilatación y contracción) este ladrillo tiene mayor variación dimensional y alabeo, el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% es el más liso de los 3 ladrillos al no contar con rugosidad aparente.

El ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33% es el más pesado y el que tiene menor cantidad de absorción por no mostrar mucha porosidad ni fisuras internas además de tener mayor cantidad de arena gruesa, haciendo de este el ladrillo más denso y con menor variación dimensional sin contar que el alabeo en los ladrillos es insignificante, tener una mayor rugosidad aparente que crea una mejor adherencia mecánica (fricción)

El ladrillo con las mejores propiedades fue el ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% siendo ligeramente más liviano, además de tener una variación dimensional y alabeo no muy significativo, la resistencia a compresión es la mayor alcanzada en referencia a los ladrillos con otras dosificaciones por lo que hacen del ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% el ladrillo de mejores propiedades para ser utilizado en construcción

10. ¿Los resultados obtenidos al desarrollar los diferentes ensayos según la Norma Técnica Peruana E.070 son los adecuados?

Al ser un material nuevo utilizado en ladrillos es necesario tener en cuenta que la Norma Técnica Peruana E.070 solo especifica que se aplicara para ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima, por lo que solo se



realizaron los ensayos para observar que ladrillo de PET y arena gruesa cumplían con la clasificación de la norma para ser un ladrillo tipo IV.

Los resultados obtenidos de los ladrillos de PET y arena gruesa mosto que de los especímenes ensayados el ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% arrojaron los resultados más favorables para desarrollar un ladrillo tipo III, ya que se esperaba una mayor resistencia a compresión que la obtenida.

11. ¿Cómo reaccionan los ladrillos de PET y arena gruesa a altas temperaturas?

El PET es un aislante térmico por lo que al someter el ladrillo a altas temperaturas en el caso del ladrillo de 100% PET se puede observar que el ladrillo se derrite de manera no uniforme a una temperatura de 240°C

Los ladrillos con porcentajes de arena de 20% y 33% tienen mayor resistencia a altas temperaturas por que la arena gruesa absorber el calor demorando el proceso de fusión y resistiendo temperaturas entre 500°C y 550°C.

12. ¿Cuáles son las ventajas de utilizar un ladrillo de PET y arena gruesa?

El PET por si solo es un material impermeable que tiene propiedades resistentes a ácidos lo cual lo hace resistente a cualquier ambiente y tiene características de aislamiento térmico, aislante eléctrico y aislante acústico además de tener propiedades termoplásticas las cuales permiten un fácil moldeado a ciertas temperaturas, y con la arena gruesa que ayuda a absorber las altas temperaturas para evitar que las variaciones volumétricas térmicas afecten la integridad del ladrillo con porosidad y fisuras internas. La misma capacidad de la arena gruesa de absorber las altas temperaturas ayuda a que el ladrillo en casos de incendio pueda resistir altas temperaturas y hasta que la arena gruesa no se caliente en su totalidad el ladrillo soportara altas temperaturas.

Un ladrillo de PET y arena gruesa es reutilizable una vez destruido a diferencia de los ladrillos o bloquetas comerciales.

¿Por qué se plantea en un inicio de la investigación un ladrillo IV?

Se planteó un ladrillo tipo IV por las características del PET teniendo en cuenta que este tiene una resistencia a compresión variable entre 135 kg/cm² y 200 kg/cm², variando la resistencia por la temperatura del ambiente.

¿Para qué tipo de edificaciones se plantea la utilización de los ladrillos?



El ladrillo de 100% PET se podrá utilizar como tabiquería para edificaciones tipo “C” que no deban de resistir fuertes cargas.

Los ladrillos de 80% y 67% PET se podrán utilizar para edificaciones de clase A y B por ser ladrillos de residencia y durabilidad media para construcciones de albañilería en condiciones de servicio riguroso.

¿Cuál es el uso según las dimensiones del ladrillo que se pueden utilizar en aparejos?

Por las dimensiones planteadas de 24 cm x 12 cm x 9 cm se debe de optar por un aparejo de soga y de utilizar un aparejo de cabeza se debe de utilizar un aparejo francés, de utilizar otro tipo de diseño de aparejo se debe modificar las dimensiones del ladrillo según sea la necesidad.



GLOSARIO

A

ABSORCIÓN: La absorción es la propiedad del bloque para absorber agua hasta llegar al punto de saturación.

ADHERENCIA MECÁNICA: Para que exista la adherencia mecánica es necesario cierto grado de porosidad superficial en función del tipo de adhesivo, debido a que la unión se produce por la penetración del adhesivo en los poros del sustrato que crea puntos de anclaje y mantienen unidas las piezas. La unión entre mortero y ladrillo es puramente mecánica.

ALABEO: Deformación de una superficie plana de cualquier material, por acción del calor, humedad, etc., de manera que no pueda coincidir con un plano.

ALBAÑILERÍA: Material estructural compuesta por unidades de albañilería, asentadas con mortero o por unidades de albañilería apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

ALFA DE CRONBACH: Es un coeficiente que sirve para medir la fiabilidad de una escala de medida.

ARENA GRUESA: La arena gruesa es el conjunto de partículas que es resultado de la desintegración natural de las rocas o también después de la trituración que conservan cierta índice de grosor notorio lo que la hace especialmente útil para espesar mezclas de concreto. Pueden tener un tamaño de menos de 5 mm y más de 2.5 mm.

B

BLOQUE DE ARCILLA: Pieza construida a base de arcilla y cocida en horno, utilizado en la construcción de paredes.

BLOQUE HUECO O PERFORADO: Es la unidad de albañilería que tiene una sección neta, en el plano paralelo a la superficie de asiento, que es 75 % o menos de la sección bruta medida en el mismo plano.

C

CERÁMICA: El arte de fabricar por cocción productos de barro, losa o porcelana de gran dureza.



CONFITILLO: Material restante del proceso de trituración de la piedra chancada, son obtenidos en tamaños de 1.5 y 2.5 cm

CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERÍA: Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.

CONTRACCIÓN TÉRMICA: Disminución de las dimensiones de un material ante una bajada de temperatura.

D

DESVIACIÓN ESTÁNDAR: Es una medida de dispersión para variables de razón y de intervalo.

DILATACIÓN TÉRMICA: Se denomina dilatación térmica al aumento de longitud, volumen o alguna otra dimensión métrica que sufre un cuerpo físico debido al aumento de temperatura que provoca cualquier medio.

DOSIFICACIÓN: Es establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas.

F

FIABILIDAD: Es necesaria para garantizar la validez y precisión del análisis estadístico.

FISURA: Abertura alargada y con muy poca separación entre sus bordes, que se hace en un cuerpo sólido, especialmente un hueso o un mineral.

FRICCIÓN: Rozamiento entre dos cuerpos en contacto, uno de los cuales está inmóvil.

FRAGUA: Horno en el que se calientan los metales para forjarlos o trabajarlos.

M

MATERIALES: Conjunto de la amplia gama de materiales que se utilizan en la construcción de un edificio.

MOLDE: Un molde es una pieza, o un conjunto de piezas acopladas, interiormente huecas pero con los detalles e improntas exteriores del futuro sólido que se desea obtener.

MUESCA: Hueco estrecho y alargado que se hace en una cosa para introducir o encajar otra.



N

NORMA E-070: Normativa de Albañilería

NTP: Norma Técnica Peruana

P

PLÁSTICO: Se denomina plástico a materiales constituidos por una variedad de compuestos orgánicos, sintéticos o semisintéticos, que tienen la propiedad de ser maleables y por tanto pueden ser moldeados en objetos sólidos de diversas formas.

PET: Tereftalato de Polietileno.

POROSO: que tiene pequeños orificios en su composición.

R

RESISTENCIA A COMPRESIÓN: Es la relación entre la carga de rotura a compresión de un bloque y su sección bruta o neta.

S

SECCIÓN BRUTA: Es la menor área susceptible de ser obtenida en un plano paralelo al de asiento, en las condiciones especificadas en la NTP 399.604

T

TABIQUE: Pared que no cumple función estructural si no la de dividir o limitar espacios.

U

UNIDAD DE ALBAÑILERÍA: Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular.

UNIDAD DE ALBAÑILERÍA SÓLIDA (O MACIZA): Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.



CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN N°1:

Se demostró que se cumple con la Hipótesis General que indica: **“Las características físico mecánicas de ladrillos de arena gruesa y plástico PET como cementante en porcentajes de PET: 100% (PET 1: Arena Gruesa 0), 80% (PET 1: Arena Gruesa 0.25) y 67% (PET 1: Arena Gruesa 0.5), cumplirán con a la NTP E.070.”**, ya que en variación dimensional los ladrillos de PET y arena gruesa cumplen con los rangos de aceptación, notando que para el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% existe variación volumétrica térmica que afecto al ladrillo, tiene una diferencia representativa frente al ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% y el ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33%.

Para los resultados del alabeo se mantuvieron los efectos de la variación volumétrica térmica haciendo que el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% sea el ladrillo con mayor alabeo que los otros ladrillos, la influencia no de la variacion volumétrica termica no afecta de manera significativa y mantiene a todos los ladrillos en un estándar de ladrillo IV.

La densidad de los ladrillos fue muy variada dependiendo de la dosificacion pero el ladrillo con menor densidad fue el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% al tener porosidad y fisuras internas, ademas el ladrillo de mayor densidad fue el de PET 67% y arena gruesa 33% el cual por su alta cantidad de arena gruesa aumento su densidad

En cuanto a la absorción por no ser un elemento con materias primas especificadas en la Norma Técnica Peruana E0.70 no se aplican los límites de absorción máximos, el ladrillo que mostro mayor absorción fue el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0%.

En cuanto a la compresión se pudo observar que los ladrillos entraban dentro de los estándares de la Norma Técnica Peruana E.070.

CONCLUSIÓN N°2:

Se ha demostrado parcialmente la Sub Hipótesis 1 que indica: **“El porcentaje de variación dimensional de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% de acuerdo a la norma E.070 para un ladrillo tipo IV.”**



El ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% mostro la mayor variación dimensional por no contener arena gruesa, y según con los rangos de la Norma Técnica Peruana E.070 la cual lo clasifica como ladrillo III.

En cuanto al ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% y el ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33% se mantienen en los rangos de la Norma Técnica Peruana E.070 para clasificarlo como ladrillos IV.

CONCLUSIÓN N°3:

Se demostró que se cumple con la Sub Hipótesis 2 que indica: **“La variación del alabeo de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% de acuerdo a la norma E.070 para ladrillo IV.”**

Para todos los ladrillos el alabeo es admisible según los rangos de la Norma Técnica Peruana E.070 que clasifican a todos los ladrillos como ladrillo IV.

CONCLUSIÓN N°4:

Se demostró que se cumple con la Sub Hipótesis 3 que indica: **“La densidad obtenida de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% será menor a la de los ladrillos comerciales.”**

Los ladrillos comerciales tipo IV tienen un peso entre 3.90 kg y 4.00 kg teniendo en cuenta que son huecos en un 30% su densidad aproximada es de 2.04 gr/cm³, los ladrillos de PET y arena gruesa en todas sus dosificaciones son de menor densidad al ladrillo comercial.

CONCLUSIÓN N°5:

Se demostró que se cumple con la Sub Hipótesis 4 que indica: **“La absorción obtenida de los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67%; será mínima por que el PET no absorbe humedad.”**

La absorción de los ladrillos de PET y arena gruesa fue mínima por que el PET es un material impermeable que solo por sus poros y sus fisuras internas puede absorber humedad como paso en el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 20% el cual obtuvo el mayor porcentaje de absorción.



CONCLUSIÓN N°6:

Se ha demostrado parcialmente la Sub Hipótesis 5: **“La resistencia a la compresión f^b a la que llegaran los ladrillos de arena gruesa y PET como cementante en porcentajes de PET de 100%, 80% y 67% cumplirá de acuerdo a la norma E.070 para un ladrillo tipo IV.”**

El ladrillo con mayor resistencia a compresión (f^b) es el ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% que según los rangos de la Norma Técnica Peruana E.070 el ladrillo cumple las características de un ladrillo III, el ladrillo de PET 67% y arena gruesa 33% fue un ladrillo que logro obtener también una resistencia importante cumpliendo los rangos de un ladrillo III, y el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% mostro la menor resistencia y cumple los rangos de un ladrillo I.

CONCLUSIÓN N°7:

Se ha demostrado parcialmente la Sub Hipótesis 6: **“La dosificación óptima de PET y arena gruesa estará entre PET: 100% y 80% para la elaboración de ladrillos tipo IV según la normativa E.070.”**

Al revisar todos los datos de los ensayos efectuados y compara por los rangos de la Norma Técnica Peruana E.070 la dosificación del ladrillo con las mejores características fue la del ladrillo de PET 80% y arena gruesa 20% que cumple como un ladrillo III, además el ladrillo de PET 100% y arena gruesa 0% fue el ladrillo que cumple como un ladrillo I lo cual no fue lo esperado.



RECOMENDACIONES

RECOMENDACIÓN N°1: Se recomienda el estudio para hallar la dosificación ideal que pueda cumplir con la Norma Técnica Peruana E0.70 con rangos cercanos al de PET 80% y arena gruesa 20% teniendo en cuenta el método de fabricación.

RECOMENDACIÓN N°2: Se recomienda un estudio a diferentes alturas sobre el nivel del mar para ver la incidencia de la misma en la porosidad de los ladrillos para mejorar sus propiedades.

RECOMENDACIÓN N°3: Se recomienda que se estudie la fabricación remplazando la arena gruesa con virutas metálicas para ver sus propiedades y si en un futuro se pueda utilizar como una especie de concreto de baja resistencia.

RECOMENDACIÓN N°4: Se recomienda que si se piensa en industrializar los ladrillos de PET y arena gruesa es necesario que se tenga un convenio con alguna entidad la cual brinde a un precio económico o de forma gratuita el PET, teniendo en cuenta que de no ser así el costo de cada ladrillo es el doble de los ofrecidos en el mercado.

RECOMENDACIÓN N°5: Se recomienda que se realicen más estudios del ladrillo de PET y arena gruesa con respecto a su adherencia con el mortero, interacción con tartajeo y posibles simulaciones de diseño en programas de computadora.

RECOMENDACIÓN N°6: Se recomienda que durante la fabricación de los ladrillos de PET y arena gruesa se tomen las medidas de seguridad por manipular herramientas que están a altas temperaturas y teniendo todos los implementos de protección personal necesario como: guantes, lentes, máscara de gases, etc.

RECOMENDACIÓN N°7: Se recomienda que al momento de fabricación de los ladrillos o de experimentar con PET no se sobrepase la temperatura de 240 C° ya que se genera la ebullición del PET y esto genera una contaminación al ambiente además de la exposición prolongada de una persona que este fabricando puede ser dañino para la salud.

RECOMENDACIÓN N°8: Se recomienda que los ladrillos de PET y arena gruesa sean macizos para que evitar una variación volumétrica asimétrica y además que sea más fácil el desmolde sin afectar la integridad del ladrillo.

RECOMENDACIÓN N°9: Se recomienda una investigación utilizando otros agregados ajenos a la arena gruesa, como arcilla o tierra para ver cómo es afectada las propiedades del ladrillo.



RECOMENDACIÓN N°10: Se recomienda realizar una investigación del ladrillo utilizando una bomba de vacíos para reducir la porosidad y posibles fracturas internas, logrando mejores propiedades

RECOMENDACIÓN N°11: Se recomienda elaborar una investigación de bloquetas con PET y arena gruesa para ver cómo trabaja este material como bloquetas.

RECOMENDACIÓN N°12: Se recomienda realizar una investigación de un pavimento de PET y arena gruesa como material principal para determinar cómo trabaja el material en otros ámbitos de la ingeniería civil.

RECOMENDACIÓN N°13: Se recomienda desarrollar una investigación de PET y la arena gruesa para mantenimiento de vías como material único.

RECOMENDACIÓN N°14: Se recomienda desarrollar una investigación de ladrillos de PET y la arena gruesa con otros diseños y modelos de ladrillo sin ningún calado.

**REFERENCIAS**

- Aceros Arequipa. (2010). *Manual del Maestro Constructor*. Arequipa: Aceros Arequipa.
- Angumba Aguilar, P. J. (2016). *Ladrillo Elaborados con Plastico Reciclado (PET), para Manposteria no Portante*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Barbarin, F. (2017). *Revista NU2*. Obtenido de NU2 Mar y Arte: <http://nu2.es/listas/reportajes/el-problema-del-plastico/>
- Cambell, J. (2004). *Ladrillo Historia Universal*. Inglaterra: Blume.
- Castañeda Prada, J. (23 de Octubre de 2014). *IMA*. Obtenido de Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente – IMA: <http://www.ima.org.pe>.
- Comision de Reglamentos Tecnicos y Regulares. (2005). *Norma Tecnica Peruana 399.613*. Lima: Indecopi.
- Cronbach, L. J. (1951). *Coefficient alpha and the internal structure of tests*. Illinois: Psychometrika.
- Ecoologic. (enero de 2019). *Ecoologic*. Obtenido de Ecoologic.com: <https://www.ecoologic.com/reciclaje-de-pet>
- EPP Seguridad. Todos los derechos reservados*. (11 de Diciembre de 2018). Obtenido de EPP Seguridad. : <http://eppseguridad.com/>
- Española, R. A. (2014). *Diccionario de la lengua española (23.ª edición)*. Madrid: Espasa.
- Fal Seguridad. (25 de Enero de 2017). *Infalibles Seguridad*. Obtenido de falseguridad.es: <https://www.falseguridad.es/informacion/item/156-que-equipos-de-proteccion-usar-en-una-fundicion-de-metal>
- Fredy. (5 de Febrero de 2018). *SCRIBD*. Obtenido de es.scribd.com: <https://es.scribd.com/document/370770930/El-Pastico-Antecedentes>
- García, A. A. (29 de julio de 2006). *Eumed.net*. Obtenido de Eumed.net: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/aago/a5f.htm>
- General, P. (23 de Noviembre de 2018). *Venemedia Comunicaciones C.A.. Todos los derechos reservados*. Obtenido de Conceptos Definición : <https://conceptodefinicion.de/plastico/>



- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de Mexico: Interamericana Editores S.A.
- Hornbostel, C. (1999). *Materiales para construcción. Tipos usos y aplicaciones*. México: Limusa.
- Ladrillera bloque Solido Sac*. (23 de Marzo de 2018). Obtenido de Ladrillera bloque Solido: ladrillerabloquesolido.com
- Llika. (15 de Abril de 2016). *Fabrica de Ladrillos y Ceramicas el Mirador* . Obtenido de el Mirador : <https://www.ladrilloselmirador.com/blog-ladrillera-cusco>
- Manuel Coaguila, B. Y. (2015). *Elaboracion de Ladrillos Vidriados de Bajo Peso y Alto Desempeño para uso Ornamental y para la Industria de la Construcción* . Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin.
- Ministerio del Ambiente. (19 de Diciembre de 2018). *El Peruano*. Obtenido de Diario oficial del bicentenario El Peruano: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-regula-el-plastico-de-un-solo-uso-y-los-recipientes-ley-n-30884-1724734-1/>
- Molina, S., Vizcaino, A., & Ramirez, F. (2007). *Estudio de las características Fisico - Mecanicas de Ladrillos Elaborados de Plastico Reciclado en el Municipio de Acacias*. Bogota: Universidad de la Salle.
- Montero Reyes, R. (12 de Abril de 2018). *Agencia Peruana de Noticias*. Obtenido de Agencia Peruana de Noticias Web: <https://andina.pe/agencia/noticia-preocupado-por-contaminacion-plastico-sepa-que-debe-hacer-706167.aspx>
- Peruano, E. (2006). *Norma E.070*. Lima: Diario El Peruano.
- Pingarrón, E. (22 de 02 de 2019). *www.deChile.net*. Obtenido de DeChile. net: <http://etimologias.dechile.net/?fragua>
- Richardson, T. L., & Erik, L. (2000). *Industria del plástico: plástico industrial*. Madrid: Paraninfo.
- Rojas Vargas, J. (2014). *Comportamiento Sísmico de un Módulo de dos Pisos Reforzado y Construido con Ladrillos Ecológicos Prensados*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.



San Bartolomé, A. (1994). *Construcciones de Albañilería - Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

San Bartolomé, A. (2011). *Construcciones de Albañilería Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Valles Vargas, A. J. (2014). *Elaboración de una Mezcla Cementicia y Agregados de Plástico Reciclado, para Fabricar Ladillos Ecológicos*. Loreto: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

ANEXOS

Figura 50: Máquina trituradora de PET



Figura 51: Material triturado por maquina



Figura 52: Fabricación de moldes para ladrillos



Figura 53: Molde para ladrillos terminado



Figura 54: Fabricación de ladrillos en fragua



Figura 55: PET procesado para Ladrillos



Figura 56: Pesado de PET para ensayo de emisión de gases



Figura 57: PET quemado después de ensayo de emisión de gases





ESPECIFICACIONES TÉCNICAS - Constructora Apu Pirhuayani E.I.R.L.

GRAVILLA (ARENA GRUESA)

Descripción:

Para el objetivo de estas especificaciones, se denominara gravilla a la porción de material comprendido entre los tamices de 3/8” (pasante al 100%) y el tamiz N°200 (retenido máximo 1%).

La gravilla deberá proceder del chancado de la roca madre, ser limpios, duros y de superficie rugosa, libre de cualquier sustancia, que impida la adhesión con su cementante.

La gravilla debe satisfacer los siguientes requisitos:

- Angularidad 100%
- Material con fragmentos resistentes.
- Sin exceso de partículas planas
- Módulo de fineza entre 2.35 – 3.15
- Material lavado
- Libre de impurezas orgánicas y de polvo
- Libre de tierra que impida la adhesión con el aglutinante
- Equivalente de arena: Min 50%

Control de calidad:

Los materiales que se proveen serán controlados estrictamente por los encargados de laboratorio de suelos y ensayos para las obras a ejecutar, y serán aprobados para su recepción por el residente de obra y supervisor de la obra.

Almacenamiento:

El agregado si acopiara en lugares limpios y libres de tierra o de elementos extraños y dispuestos de tal forma, que se evite al máximo la segregación de los agregados; si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizaran los 15 cm de los mismos.