



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

Estudio de las propiedades térmicas y acústicas en ladrillos con plásticos
PET, Lima 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Br. Pinto Ranilla, Paulino Celso (ORCID: 0000-0002-2498-5209)

Br. Cuba Delgado, Patrick Harry (ORCID: 0000-0002-2636-3251)

ASESOR:

Mg. Leopoldo Choque Flores (ORCID: 0000-0003-0914-7159)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

A nuestros familiares por su apoyo constante
en nuestro desarrollo profesional

AGRADECIMIENTO

A nuestros Docentes de Ingeniería Civil por el apoyo brindado durante nuestros estudios.

Página del jurado

Página del jurado

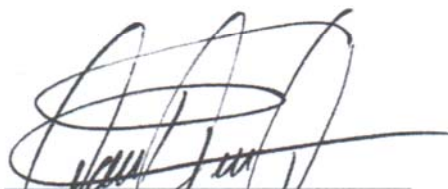
Declaratoria de autenticidad

Nosotros, Pinto Ranilla Paulino Celso con DNI N° 30583044 y Cuba Delgado Patrick Harry con DNI N° 44083232, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompañamos es veraz y auténtica.


Asimismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 07 de julio de 2020



Pinto Ranilla, Paulino Celso
DNI N° 30583044



Cuba Delgado, Patrick Harry
DNI N° 44083232

ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado	v
Declaratoria de autenticidad.....	vi
Índice... ..	vii
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	23
2.1 Diseño de Investigación	24
2.1.1 Tipo de investigación	24
2.1.2 Nivel de investigación	24
2.1.3 Diseño de Investigación	24
2.2 Operacionalización de variables.....	25
2.3. Población y muestra	27
2.3.1. Población	27
2.3.2. Muestra	27
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	28
2.4.1. Técnicas.....	28
2.4.2. Instrumentos	29
2.4.3. Validez.....	29
2.4.4 Confiabilidad del Instrumento	30
2.5. Métodos de análisis de datos	30
2.6. Aspectos Éticos	30
2.7. Delimitación de la Investigación.....	31
III. RESULTADOS	32
IV. DISCUSIÓN.....	52
V. CONCLUSIONES.....	55
VI. RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS	59
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas del PET.....	11
Tabla 2. Características del PET reciclado.....	12
Tabla 3. Granulometría del PET.....	15
Tabla 4. Datos técnicos del PET.....	18
Tabla 5. Metodología para determinación de $f'm$ y $v'm$	20
Tabla 6. Operacionalización de variables.....	26
Tabla 7. Número de unidades por cada tipo de ensayo	28
Tabla 8. Juicio de expertos	30
Tabla 9. Dosificación para la fabricación de un ladrillo PET	33
Tabla 10. Ensayos de Absorción de 24 horas.....	39
Tabla 11. Prueba de compresión de ladrillos PET	40
Tabla 12. Resultados de ensayos de flexión.....	42
Tabla 13. Resultados de ensayos de compresión en pilas	43
Tabla 14. Resultados de las fallas.....	44
Tabla 15. Pruebas realizadas a una temperatura de $25.9^{\circ}\text{C} \pm 0.3^{\circ}\text{C}$	45
Tabla 16. Resultado de ensayo de conductividad.....	46
Tabla 18. Pruebas realizadas	49
Tabla 19. Resultados de intensidad de ruido	51

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Ladrillos de plástico PET	10
Figura 2. Peso específico de mampuesto.....	10
Figura 3. Diagrama de operaciones	12
Figura 4. Clasificación de las botellas PET	13
Figura 5. Pesaje de la materia prima en balanza.....	13
Figura 6. Trituración del material PET.....	14
Figura 7. Materia prima de plástico PET.....	14
Figura 8. Ensayo de compresión axial y diagonal de muretes.....	20
Figura 9. Ensayo a la compresión.....	29
Figura 10. Flujograma de la fabricación de ladrillo PET.	34
Figura 11. Compra de materiales.....	35
Figura 12. Fabricación de moldes de madera	35
Figura 13. Mezcla de PET y cemento.....	36
Figura 14. Mezcla de insumos.....	36
Figura 15. Llenado de moldes	37
Figura 16. Ladrillos extraídos del molde.....	37
Figura 17. ladrillos en proceso de secado.....	38
Figura 18. Comparativo de resultados de los ensayos de absorción	39
Figura 19. Prueba de compresión	40
Figura 20. Prueba de resistencia a la compresión de ladrillos PET.....	41
Figura 21. Prueba de resistencia a la flexión de ladrillos PET	42
Figura 22. Construcción de pilas	43
Figura 23. Comparativo de compresión diagonal en muretes	44
Figura 24. Conductividad térmica	44
Figura 25. Equipo Thermal Conductivity Instrument, usado para los ensayos.....	45
Figura 26. Conductividad térmica de las 10 muestras.....	46
Figura 27. Comparativo de conductividad térmica ladrillo PET vs ladrillo tradicional.	47
Figura 28. Comparativo de intensidad de ruido ladrillo PET vs ladrillo tradicional.....	51

RESUMEN

La presente investigación cuyo título es: Estudio de las propiedades térmicas y acústicas en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019, tuvo por objetivo Determinar con las propiedades térmicas y acústicas en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019 si cumplirá con los parámetros requeridos y normativa vigente para el uso en la industria de la construcción.

Se utilizó el tipo de investigación cuantitativa, nivel descriptivo y su diseño de investigación es experimental

La población está constituida por un total de 106 ladrillos fabricados con el material indicado para fines de efectuar los ensayos correspondientes La muestra fue de 83 ladrillos.

Se concluye resaltando los resultados del análisis de conductividad térmica, el valor de $0.52W/$ lo que expresa la cantidad o flujo de calor que pasa a través de la unidad de superficie de una muestra, con lo que se comprueba que es adecuado para los fines constructivos con el material en estudio. El resultado de la intensidad de ruido se tiene que con las frecuencias de 125 y 250 Hz se logra una intensidad del ruido es baja. En cambio, con frecuencias de 500 hasta 2000 Hz se tiene que la intensidad del ruido es considerable, por lo que en ambos casos se comprueba que a pesar de la alta frecuencia aun en las condiciones altas el material amortigua el sonido considerablemente.

Palabras clave: Propiedades térmicas, propiedades acústicas, ladrillos con plástico PET.

ABSTRACT

The present investigation whose title is: Study of the thermal and acoustic properties in bricks with PET plastics, Lima 2019, was aimed at determining with the thermal and acoustic properties in bricks with PET plastics, Lima 2019 if it will meet the required parameters and current regulations for use in the construction industry.

The type of quantitative research, descriptive level was used and its research design is experimental

The population consists of a total of 106 bricks made of the indicated material for the purpose of carrying out the corresponding tests. The sample was 83 bricks.

It is concluded by highlighting the results of the thermal conductivity analysis, the value of 0.52 which expresses the amount or flow of heat that passes through the surface unit of a sample, which proves that it is suitable for construction purposes with the material under study. The results of the noise intensity have that with the frequencies of 125 and 250 Hz a noise intensity is achieved is low. On the other hand, with frequencies of 500 to 2000 Hz, the noise intensity is considerable, so in both cases it is found that despite the high frequency even in high conditions the material dampens the sound considerably.

Keywords: Thermal properties, acoustic properties, bricks with PET plastic.

I. INTRODUCCIÓN

Consideramos que el PET insumo con el que se producen botellas plásticas; se inicia en 1941, y desde dicha fecha la demanda es alta; generando inconvenientes al medioambiente, ya que se recicla un 20%. Estos plásticos industrializados son difíciles de degradarse, con una alta durabilidad; debido a que demora unos 500 años en degradarse. Esto se agudiza a nivel mundial debido al incremento industrial en todos los países, por lo que se tienen planteamientos de solución que no son contundentes y tenemos un grave problema ambiental a causa de este material. En tal sentido a partir de la década de los 90 se ha impulsado el proceso de reciclaje, siendo aún muy limitada su aplicación como para controlar el crecimiento exponencial del uso de este material. (Zavala, 2015, p. 7)

Según Arrieta y Peñaherrera (2001), se tiene:

Durante el XIX en Inglaterra los adelantos constructivos fueron relevantes, época en la que ya se fabrica el ladrillo de concreto. Por su característica es pesado dando uso en su proceso la cal. Ya a inicios del siglo XX se empezaron a fabricar los ladrillos con orificio utilizados en muros siendo estos livianos a comparación de los anteriores por lo que se consideró un importante avance en este campo.

Herrera, Rafael (2018), manifiesta que:

La construcción sin lugar a dudas es uno de los grandes causantes del deterioro del medio ambiente, es entonces cuando observamos con preocupación, cómo podríamos influir o aportar para bien de los ciudadanos sin viviendas y establecer mejores condiciones vivenciales así como buscar reducir los daños por el uso de materiales al sistema ambiental. (p.2)

Echevarría, Evelyn (2017), considera que:

El PET sirve para producir envases; produciendo desde el la década del 40 millar de estos; siendo altamente problemático para el ambiente en que vivimos. Estos no se degradan fácilmente y para ello requiere de muchos años. (p.4)

Por su parte Angumba, Pedro (2016), mención que: “en diversos países, consideran un insumo asequible y propicio, lo cual constituye una alternativa importante para los procesos constructivos” (p. 2).

“En nuestro país en el año 1928 existió el primer centro de producción de este material Posterior a esa fecha se apertura nuevas fábricas en la capital” (Arrieta y Peñaherrera 2001).

Por tanto, en el presente estudio se busca evaluar el aspecto termo acústicas del ladrillo PET, ya que la fabricación de estos a partir de reutilización del plástico PET ayudan a reducir este material en desechos, Es sabido que la gran acumulación de estos envases se da en el mar lo cual es un alto contaminante que está causando muchas muertes de especies marinas. Así mismo aprovechar las propiedades termo acústicas se convierte en una alternativa importante ya que se daría gran uso en zonas urbanas por el alto ruido que se tiene en las ciudades y su propiedad térmica en lugares donde hay variaciones climáticas significativas por el friaje que ocasiona la muerte de seres humanos. Es por ello que se considera una alternativa autosustentable para evitar que se quemen o forme parte de la basura que en ambos casos contaminan el medio ambiente.

En los trabajos previos tenemos referencias nacionales e internacionales

A continuación se tiene referencias nacionales:

Flores (2018), en su investigación “Influencia de dosificación en las características físicas y mecánicas de ladrillo fabricado con productos plásticos reciclados”, siendo su objeto de estudio fijar la resistencia a la compresión, masa y uniformidad dimensional. El método de estudio fue aplicado. En el estudio se consideró la Muestra 1 y Muestra 2, para luego de fabricarlos se hizo los ensayos con fines de saber la resistencia a la compresión. Concluye el autor definiendo cantidades de 70% de PET y 30 de %PEAD además de un aditivo, logrando que las cantidades asignadas tiene que ver con los aspectos físicos y mecánicos del material fabricado.

Piñeros y Herrera (2018), en su investigación sobre producción de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), tuvo como fin realizar un análisis técnico y financiero en la implementación de bloques con polímeros de plástico reciclado aplicado en construcción de centros urbanos, en viviendas de Colombia. El método es de carácter investigativo y experimental, orientado a plantear construcción con bajo costo. En conclusión, se deduce que la mezcla con agregado de PET al 25%, cuenta con el estándar requerido en cuanto a resistencia específica a los 7 días y 14 días de fallado, adicional se

encuentra una diferencia significativa en cuanto al peso en relación con el ladrillo convencional.

Gamboa (2015), en su estudio “Diseño de ladrillo tipo PET”, su objeto de estudio fue ofrecer a la comunidad opciones de construcción a través del reciclaje de materiales contribuyendo con el cuidado ecológico, con lo que se controla con el rehúso de botellas el problema ambiental. La tesis es de tipo descriptiva y se buco dar seguridad a los ocupantes en las construcciones, utilizando para tal efecto ensayos mediante los materiales reciclados. Concluye el autor destacando que se logró alinear a la normativa vigente.

Chicaiza y Gonzales (2015), en su estudio “Análisis de los desechos de botellas plásticas de los habitantes de bastión popular de Guayaquil”, buscó analizar las botellas plásticas como desperdicios en los habitantes de Bastión Popular exponiendo en el proyecto los conocimientos básicos del reciclaje y clasificación de las botellas plásticas que existen actualmente, y así poder indagar el uso que están impartiendo en la actualidad en este sector acerca el reutilizamiento de los desechos. Utilizando métodos de investigación como “el cuestionario” se realizó preguntas cómodas al encuestado que permitieron realizar un levantamiento de información acorde al análisis, donde se pudo conocer que las personas de este Sector están conscientes de la importancia del reciclaje de botellas plásticas, ya que por su tiempo de biodegradación es un producto con mayor daño al medio ambiente, se puede confirmar que la mayor cantidad de los participantes de la encuesta indican que tener una casa de ladrillo brinda confort a los moradores y también se corrobora que el conocimiento del ladrillo de plástico es casi nulo. Para finalizar, en la propuesta se desarrolló una solución que permita obtener resultados de aplicación y validez, que incentiven la matriz productiva con el diseño de ladrillos de plástico con botellas PET recicladas, el mismo mediante el cual estimula la sociedad y mejora el medio ambiente; promoviendo a que los habitantes del Sector de Bastión Popular tengan la factibilidad de mejorar o construir una casa de ladrillos de plásticos a base del reciclaje.

Zúñiga (2015), en su estudio “Polietileno (PET) para hacer mortero de ladrillos y concreto”, su objeto de estudio fue elaboración de mortero para ladrillos agregando el polietileno PET. La tesis es de tipo descriptiva y se realizó ensayos de resistencia incluyendo PET reciclado en morteros y concretos. Concluye el autor llegando a reemplazar un 15% de agregados finos por PET.

Maure, Candanedo, Madrid, Bolobosky y Marín (2018), en su estudio “Fabricación de ladrillos con polímeros PET y virutas metálicas”, su objetivo fue producir el material para verificar la resistencia mecánica a la compresión, a diferencia de los fabricados de manera tradicional. Este estudio es aplicado. El autor concluye comprobando que contribuyó a minimizar el daño causado a la ecología. En tal sentido se considera una alternativa válida ya que se da uso a los materiales reciclados en vez de que vayan a parar a botaderos.

Valdivia (2019), en su estudio “Evaluación de características físico-mecánicas de ladrillos con arena gruesa y polímero PET según norma E-070”, su objetivo fue evaluar las características físicas mecánicas de los ladrillos. La metodología fue experimental con ladrillos semiindustriales con medidas de 24x12x9 centímetros. El autor concluye sobre densidad del ladrillo con 67% PET es superior respecto a ladrillos de 100% PET y 80% PET por ser el ladrillo con mayor cantidad de arena gruesa. Respecto 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.

Muñoz and Trotta (2015). Design of a Brick With Sound Absorption Properties Based on Plastic Waste & Sawdust. Este documento se aplica al rediseño de un ladrillo en el que la selección del material y la geometría interna están diseñadas para aumentar la absorción del sonido junto con una mejora en la resistencia estructural. La industria de los aserraderos en México da la definición de la oportunidad de material, que produce alrededor de 2 millones de toneladas de aserrín por año, casi todo desperdicio, y otro material de desecho importante: el plástico. Cada año, México produce 992 000 toneladas de polietileno de baja densidad. Estos dos productos de desecho pueden usarse como materia prima para crear compuestos de madera y plástico.

Uehara, França, Canevarolo and Vicente (2015). Recycling assessment of multilayer flexible packaging films using design of experiments polymers. Se analiza la viabilidad del reciclaje de residuos de envases post-industriales, compuestos de películas de PET-PE laminadas multicapa, para la producción de mezclas de polímeros con buen rendimiento físico-mecánico. Inicialmente, se prepararon varias mezclas modelo de PET-PE a partir de polímeros frescos y se combinaron con diferentes formulaciones, basadas en el diseño de experimentos (DOE). Se han usado compatibilizadores de polímeros

basados en anhídrido maleico (PE-g-MA) y metacrilato de glicidilo (E-GMA) para promover la reacción de compatibilización. Las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas modelo fueron evaluadas por la metodología de superficie de respuesta (RSM). Finalmente, los desechos posindustriales se combinaron con la misma concentración de compatibilizadores en el conjunto anterior de mezclas de modelos. La metodología DOE demostró ser una herramienta útil para evaluar el reciclaje, ya que ayudó a producir materiales reciclados con propiedades físico-mecánicas aceptables. Entre los dos compatibilizadores estudiados, PE-g-MA demostró ser el mejor aditivo para la compatibilización debido a la presencia de un componente de poliamida en el desecho, que sufre una reacción de compatibilización cinéticamente favorable.

Chhazed, Makwana, Chavda³ and Navlakhe (2019). Utilization of PET Waste in Plastic Bricks, Flexible Pavement & as Alternative Constructional Material - A review. El plástico tiene muchas ventajas, pero también tiene muchos problemas. Al no ser degradable durante años, se ha convertido en un problema global para reciclarlo. El PET es uno de los plásticos de consumo más comunes, ya que se utiliza para construir muchos productos básicos y cotidianos, como botellas, recipientes para la industria alimentaria y de bebidas. Los desechos de PET se han convertido en un problema ambiental importante debido a sus diversas propiedades, como la no biodegradabilidad y los gases liberados en la incineración. Por lo tanto, los desechos de PET deben ser utilizados y reciclados de manera eficiente. Este documento proporciona una revisión de diferentes productos, como ladrillos de plástico, pavimento flexible y botellas de plástico como un bloque de construcción que puede utilizar eficazmente los desechos de PET como material alternativo.

Antico, Wiener, Araya and González (2017). Eco-bricks: a sustainable substitute for construction material. Los ladrillos ecológicos, las botellas de tereftalato de polietileno (PET) llenas de desechos inorgánicos mixtos, se han convertido en un material de construcción de bajo costo y un método de reciclaje válido para reducir la eliminación de desechos en regiones donde el reciclaje industrial aún no está disponible. Este artículo desarrolla una caracterización experimental de densidad, contenido de relleno (por volumen), contracción térmica, módulo elástico y capacidad de recuperación de deformación utilizando cuatro materiales de relleno diferentes: 1) PET; 2) papel y cartón; 3) tetrapack; y 4) metal. En general, la densidad del ladrillo ecológico, la contracción

térmica y el módulo elástico dependen del contenido de relleno. La densidad y el módulo elástico de los Eco-ladrillos propuestos son similares a los valores de poliestireno expandido (EPS) de densidad media-alta utilizados en la construcción no estructural, por lo que sugerimos que estos Eco-ladrillos podrían ser una alternativa sostenible al EPS u otros materiales de construcción no estructurales.

Maldonado, Corvalan, Cohenca and Monteiro (2018). Setting time of ecological bricks with different percentage PET. Las materias primas y los productos amigables con el medio ambiente han llevado a muchos autores a desarrollar el área de bioconstrucción, especialmente en la construcción civil, utilizando materiales alternativos para obtener nuevos logros. Las botellas de PET (tereftalato de polietileno), ampliamente utilizadas en todo el mundo, han permitido producir productos tecnológicos muy ambiciosos por su eficiencia energética y económica. Basándose en la aplicación de botellas de PET desechadas para su aplicación en ladrillos de construcción ecológica. Para esto, se prepararon muestras con diferentes porcentajes de PET. Las muestras se prepararon por triplicado. Estas muestras fueron sometidas a pruebas para verificar el tiempo óptimo de fraguado / relación PET. Las pruebas se realizaron de acuerdo con los estándares internacionales y se compararon con los valores de los ladrillos convencionales.

Echevarría (2017), en su estudio “Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado”, su objetivo fue precisar las propiedades del ladrillo PET. El método de la investigación fue aplicado-explicativo, ya que consistió en la determinación de efectos con prueba de hipótesis. Concluye el autor resaltando las propiedades mecánicas y físicas de ladrillos ya que se alinean al requerimiento de la norma E: 070 y que el resultado del cálculo de compresión es de 51.5kg/cm^2 .

Al respecto se tiene las referencias internacionales:

Morales y Pérez (2018), en su tesis “Conductividad térmica y resistencia mecánica de ladrillos y placas conformadas de cemento y PET”, su objetivo es precisar la resistencia mecánica y conductividad térmica. El método de investigación fue experimental en base a la dosificación. Concluye el autor al contar con 40% de PET se obtuvo valores altos de resistencia a la compresión los cuales fueron de 15,55 MPa y 4,82 MPa en canto, en flexión la resistencia a la rotura fue de 2,276 MPa, también de los ensayos térmicos y físicos se precisó que son productos aislantes del calor siendo su coeficiente de conductividad térmica bajo ($0,32\text{ W/m}^\circ\text{C}$) y también un porcentaje de absorción bajo.

Herrera (2018), en su estudio “Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda”, su objetivo fue realizar un análisis técnico y financiero en la implementación de bloques con polímeros de plástico reciclado aplicados en construcción de vivienda para centros urbanos de Colombia. Es una investigación de tipo aplicada, descriptiva. Concluye el autor que al aumentar los agregados en porcentaje de PET, el peso de las muestras se reducen considerablemente, siendo 0.784 gr y el convencional 1.075 gr.

Aliaga (2017), respecto a su estudio “Ladrillo con adición de PET”, su objetivo fue analizar en qué medida la evaluación de éste, permitirá la producción siendo material compuesto en la producción. En la investigación se emplea el diseño experimental con fines de ver el fenómeno del ladrillo de concreto compuesto empleando el razonamiento-analítico, separando muestras representativas con ciertas cantidades de PET con el objetivo de analizar cada una de las muestras en relación al ladrillo de concreto compuesto. En conclusión, se pudo verificar de manera experimental que el adoquín hexagonal de concreto con PET al agregarle agua en la parte superior de su base tiene la capacidad de ser permeable, es decir, a través de este material compuesto puede pasar el agua y fluir en sus vacíos debido a su descomposición de grano de PET agregado induciéndose características de permeabilidad (por el bajo valor de la absorción de 4.12%) y succión de 15 gr/ (200 cm²- min).

Quevedo (2017), en su estudio “Influencia de unidades de albañilería tipo PET sobre características técnicas y económicas en viviendas ecológicas”, el objeto de estudio fue precisar las características técnico-económicas en eco-viviendas. El diseño fue pre experimental. El autor concluye destacando que se tiene que su uso es importante en dichas construcciones ya que están dentro de los parámetros exigidos por la normativa vigente y se logra economizar un 30,42% respecto a las unidades de albañilería de arcilla.

Valles (2016), en su estudio “El uso de plástico reciclado”, su objetivo es la elaboración del ladrillo ecológico, con un tipo de investigación experimental. El método de estudio es aplicado. Es favorable por la obtención de un ladrillo sin depredar agua, talar árboles ni contaminar aire, además siendo accesible al usuario de menor poder adquisitivo por lo económico de su valor y costo. En conclusión se destaca ya que se obtuvo un material con adecuadas características técnicas, en base a la normativa técnica peruana.

Angumba (2016), en su estudio “Ladrillos elaborados con plástico reciclados (PET), para mampostería no portante”, su objetivo fue fabricar dichos materiales, para muros no portantes para construcciones. El método fue descriptivo en el cuál se definen los procedimientos a partir de la obtención de materiales al análisis del mismo. Luego del estudio se concluye que es adecuado el ladrillo con 25% de PET, con lo que se logró condiciones apropiadas de nivel térmico y al mismo tiempo condiciones favorables de habitabilidad en los hogares. Las dosificaciones del 10%, 25% y 40%, presentan las más altas resistencias durante el ensayo a la compresión, logrando a los 28 días un promedio de 284,60 kg/cm² de resistencia.

Respecto a las teorías relacionadas con la investigación tenemos:

Ladrillos con plástico PET

Plástico PET

“Es un material macromolecular conformada por hidrocarburos y otros de origen orgánico. Su característica principal es que se puede reciclar cuyo uso data de 1955 en fabricación de botellas” (Ambientum, 2000, citado en Echevarría, Evelyn, 2017, p.8).

Luis et al. (2008, citado en Echevarría, Evelyn, 2017), considera que:

El PET se fabrica de petróleo crudo, aire y gas. Conforman 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. Su propiedad principal es la resistencia pudiendo ser reutilizado lo que le da mayor preferencia para su fabricación. (p.8)

En relación a las propiedades del plástico PET

Según (Angumba, 2016, citado en Echevarría, Evelyn, 2017), se tiene que:

Este material tiene la particularidad de ser altamente resistente en lo referente a su densidad, aislamiento térmico y eléctrico, y otros más. Se caracteriza por:

- Estable ante fuerzas constantes
- Altamente resistente al desgaste
- Excelente frente al deslizamiento
- Alta resistencia química
- Excelente frente a las situaciones térmicas

Esto es un indicador para considerarlo en la mezcla de concreto. (p.8)

Considero importante mencionar que los ladrillos con plástico PET (figura 1) son livianos con bajo peso específico, como se muestra en la figura 2.



Figura 1. Ladrillos de plástico PET

Fuente: Angumba, 2016

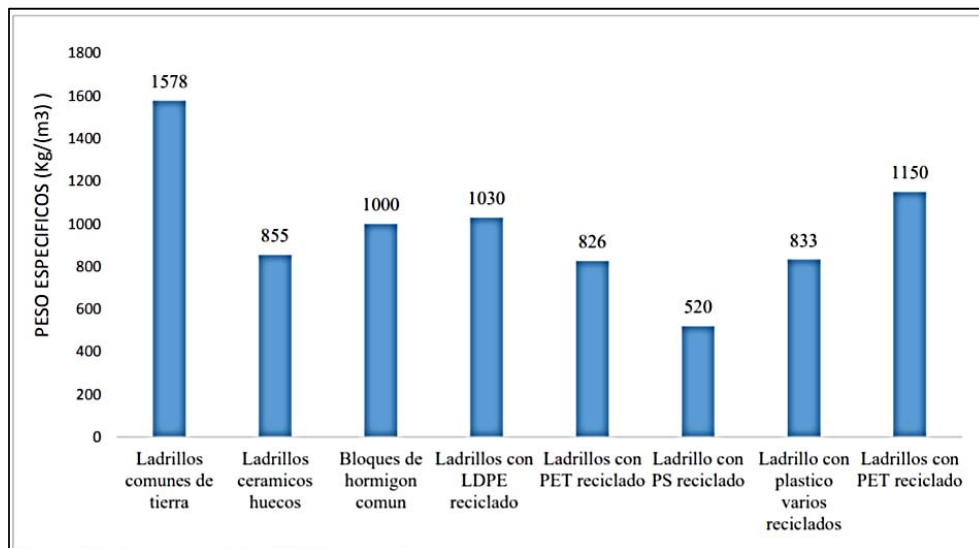


Figura 2. Peso específico de mampuesto

Fuente: Altamirano et al. (2017)

Tenemos ventajas y desventajas de las botellas con PET

Según Zavala (2015), considera relevante resaltar lo siguiente:

Ventajas:

- a) Es moldeable, adquiriendo diversas formas.
- b) Es flexible
- c) Al ser instalado su conservación es estable
- d) Altamente durable.

- e) Según la utilización su resistencia varía.
- f) Es resistente a sustancias químicas
- g) Tolerante a variaciones de temperatura y presión

Desventajas:

- a) Son de difícil solución.
- b) Aun son poco el uso que se les da a los residuos.
- c) Aun es bajo el uso en construcción
- d) Es inflamable. (p. 15)

Tabla 1. Ventajas y desventajas del PET

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Bueno como barrera para los gases, como CO ₂ , humedad y el O ₂	1. Tiene un número infinito de reciclado
2. Es transparente y cristalino, aunque admite algunos colorantes	2. No se destruye de forma natural
3. Irrompible	3. Cuando es sometido a temperaturas por arriba de los 230 °C desprende sustancias tóxicas
4. Liviana	
5. Impermeable	
6. No tóxica	
7. Inerte (al contenido)	
8. Resistencia al desgaste y esfuerzos permanentes, dada su alta rigidez y dureza	
9. Buenas propiedades térmicas así como alta resistencia química	
10. Totalmente reciclable	
11. Superficie barnizable	

Fuente: Juárez M., et al. 2011

Sobre ladrillos de concreto con plástico PET

Según Echevarría, Evelyn (2017), se tiene que:

Este material contiene cemento, agregados pétreos, arena o solo es de plástico. Generalmente son hechos con los reciclados. Su peso específico es menor que los convencionales (p. 15).

El proceso de fabricación de los ladrillos implica dar cumplimiento a los procesos que permitan lograr obtener un ladrillo de calidad con fines de hacer las pruebas posteriormente para ver su calidad y valorar su producción para proyectos constructivos.

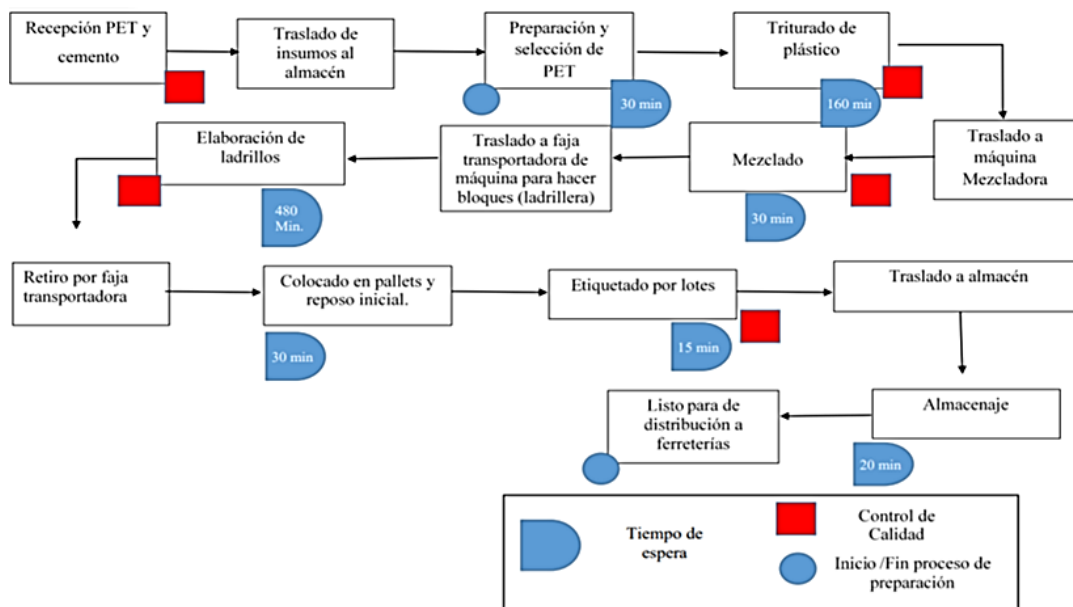


Figura 3. Diagrama de operaciones

Fuente: Altamirano et al. (2017)

Características de botellas plásticas de PET

Contreras, A., Owen, Contreras, W., Cloquell y Rondón (2012), indicaron:

En la actualidad se producen de 0,6; 1,5 y 2 litros. Su textura y color es variable y le dan uso entidades dedicadas a la fabricación de bebidas. El uso que se le da es variado como son bebidas, comestibles, cosméticos, diversos tipos de bolsas, en pavimentación con geotextiles, etc.

Di Marco y León (2017), consideran que “El PET es ligero y muy resistente, reciclable 100%, siendo su densidad 1,335 gr/cm³” (p. 21) tal como se indica a continuación en la Tabla 2

Tabla 2. Características del PET reciclado

PET reciclado	
Densidad (g/cm ³)	1335
Resist. al impacto - Esfuerzo Máximo (cm ² /g)	8432
Resist. al impacto - Sharpy - Energía que absorbe (kJulios)	7,746

Fuente: Laboratorio de control de materiales – SENA

Es preciso remarcar que para el uso de las botellas plásticas y lograr obtener el material adecuado para la fabricación de ladrillos y luego evaluar sus propiedades, es consideran actividades previas que se deben tomar en cuenta para disponer finalmente la materia prima para producir el ladrillo, se detalla mediante ilustraciones:

En primer lugar, se hace la clasificación de botellas que cumplan con las características requeridas para considerarla como materia prima (Figura 4)



Figura 4. Clasificación de las botellas PET

Fuente: Angumba, 2016

Se procede con el pesado del material (Figura 5)



Figura 5. Pesaje de la materia prima en balanza

Fuente: Angumba, 2016

Se procede a triturar el material (Figura 6)



Figura 6. Trituración del material PET

Fuente: Angumba, 2016

Obtención de la materia prima de plástico PET (Figura 7)



Figura 7. Materia prima de plástico PET

Fuente: Angumba, 2016

A continuación (Tabla 3) dado que el material obtenido se asemeja al árido fino y como su tamaño fue obtenido empíricamente, se procede a un análisis granulométrico para determinar obtenerlos entre los límites de agregado fino y grueso

Tabla 3. Granulometría del PET

TAMIZ #	ABERTURA	PESO RETEN	P.RET.ACUM.	%	%
	mm.	gr.	gr.	RETENIDO	PASA
3/8"	9.5	0.00	0.00	0.00	0.00
N.4	4.75	0.58	0.58	0.92	99.08
N.8	2.38	25.71	26.29	41.73	58.27
N.16	1.19	31.51	57.8	91.75	8.25
N.30	0.59	4.27	62.07	98.52	1.48
N.50	0.3	0.47	62.78	99.27	0.73
N.100	0.15	0.24	62.78	99.65	0.35
PASA #200		0.22			
TOTAL	63.00				

Fuente: Angumba, 2016

Propiedades térmicas, acústicas y mecánicas

Calidad tecnológica de los elementos constructivos

Gaggino (2009), considera lo siguiente:

Peso específico: En este caso el PET tiene 1150 kg/m^3 , por su parte el convencional es de 1360 kg/m^3 .

Conductividad térmica: No son buenos conductores del calor teniendo aislamiento térmico. Su conductividad térmica es $0,15 \text{ W/m K}$, en cambio del tradicional resulta $0,81 \text{ W/m K}$.

Resistencia mecánica: En este caso es menor a otros elementos constructivos convencionales. Su resistencia a la compresión del PET es 2 MPa ., en cambio en el tradicional es de 4 MPa .

Absorción de agua: En este caso es similar a los convencionales. En el caso del PET es de $19,1 \%$, en cambio en el tradicional es $21,6 \%$.

Comportamiento a la intemperie: Resisten las radiaciones en el medio externo de comprobado de acuerdo a método Q.U.V Panel.

Aptitud para el clavado y acerrado: En este caso son fáciles de realizar esta labor siendo aptos para procesos constructivos.

Adherencia de revoques: También son aptas debido a su gran rugosidad con tensión de adherencia: 0,25 MPa.

Resistencia al fuego: Son resistentes comprobado con ensayo, en el cual se comprueba que tiene baja propagación de llama.

Permeabilidad respecto al vapor de agua: Muy similar al hormigón con agregado pétreo.

Resistencia acústica: Esta en 41 db, mientras que el ladrillo de cerámica es de 42 db. (pp. 15, 16)

Consideraciones técnicas de acústica

Contreras, A., Owen, Contreras, W., Cloquell y Rondón (2012), indicaron:

Mediante el aislamiento del sonido se puede determinar las condiciones de una construcción para controlar el ingreso del sonido a la vivienda. Para ello se hace medición a través de relación de Niveles de Presión Sonora. En este proceso de medición se hace uso de escalas logarítmicas siendo la unidad de medida el decibel. Respecto a la absorción acústica, tiene que ver el espesor del volumen de aire habida en el frontis del medio y el área rígida que soporta. En este caso fluctúa a partir de 0, si se dan situaciones como los presentes en los techos. Es importante que el ancho no sea inferior a 10cm con fines de mantener una buena absorción de frecuencia sonora. (p. 1978)

Método de prueba estándar para el Laboratorio de Medición de ruido aéreo Transmisión Pérdida de la construcción de particiones y elementos ASTM E90 - 09 (2016)

Este método de ensayo cubre la medición de laboratorio de la pérdida de transmisión de ruido aéreo de particiones de construcción, tales como paredes de todo tipo, las particiones operables, ensamblajes piso-techo, puertas, ventanas, techos, paneles y otros elementos que divide el espacio.

Los laboratorios están diseñados de modo que la muestra de ensayo constituye la vía de

transmisión de sonido principal entre las dos salas de pruebas y así existen unos campos de sonido difuso en las habitaciones.

Los laboratorios deben estar debidamente acreditados para la realización de este método de ensayo.

Este método evalúa las propiedades del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Está diseñado para medir transmisión de sonido a través de una partición en laboratorio.

En este método la pérdida de transmisión se define operacionalmente como la diferencia en decibeles entre los niveles promedio de presión sonora en la fuente reverberante y la sala de recepción, más diez veces el logaritmo común de la relación del área de la partición común con el sonido absorbido en la sala de recepción:

$$TL = 10\log(1/\tau)$$

Dos salas de reverberación adyacentes están dispuestas con una apertura entre ellas en la que se instala el elemento de prueba. Se tiene cuidado de que la única ruta de transmisión de sonido significativa entre habitaciones sea a través del elemento de prueba. La fuente de sonido se produce en una sala, incidiendo sobre el elemento de prueba haciéndolo vibrar y creando un campo de sonido en la segunda sala. Los niveles de presión sonora son conocidos y los niveles de presión sonora en la segunda sala se recoge, tomando en cuenta el área de la muestra se calcula la pérdida de transmisión sonora, siendo esta una función de frecuencia (las mediciones se realizan en una serie de bandas de frecuencia)

Aislamiento térmico

Contreras, A., Owen, Contreras, W., Cloquell y Rondón (2012), consideraron:

Consiste en la particularidad de controlar el tránsito del calor a través de la estructura. En este caso se considera la capacidad resistiva de alta temperatura en situaciones de uso, de tal manera que se mida el aspecto térmico en la construcción mediante transmisiones indirectas. Es frecuente el uso del aire ya que por su particularidad es bastante resistente al paso del calor, debido a su baja capacidad de absorber la radiación.

Método de prueba estándar para la Medición de la Efusividad Térmica utilizando un Instrumento de Fuente de Plano Transitorio Modificado (MTPS) ASTM D7984-16

Esta norma proporciona un método de prueba para medir la efusividad térmica de los elementos bajo aire quieto y condiciones estándar, mide el calor transitorio entre un elemento y una superficie calentada.

Se aplica un pulso de calor momentáneo constante a la superficie de una muestra de prueba. El pulso de calor eleva la temperatura de la superficie a medida que el calor se difunde en la muestra de prueba de manera unidimensional. La efusividad térmica es determinada a partir del aumento de temperatura en la superficie del material durante el transcurso del tiempo. El aumento de temperatura en la superficie es inversamente proporcional a la efusividad térmica del material de muestra

Propiedades mecánicas

Consideramos que el PET posee propiedades (Tabla 4) adecuadas para ser utilizarlo como un material alternativo en la mezcla del concreto. (Angumba, 2016)

Tabla 4. Datos del PET

PROPIEDADES MECÁNICAS		
Peso específico	134	g/cm ³
Resistencia tracción	825	kg/cm ²
Resistencia flexión	1450	g/cm ²
Alargamiento de rotura	15	%
Mód de elasticidad (por tracción)	28550	kg/cm ²
Resist. desgaste (por roce)	MUY BUENA	
Absorción humedad	0.25	%
PROPIEDADES TÉRMICAS		
Temp. de fusión	255	°C
Conductividad térmica	Baja	
Temp. de deformabilidad	170	°C
Temp. de ablandamiento de Vicat	175	°C
Coef. de dilatación lineal (entre 23 y 100 °C)	0.00008	mm/°C
PROPIEDADES QUÍMICAS		
Resist. a álcalis débiles a Temp. Ambiente	BUENA	
Resist. a ácidos débiles a Temp. Ambiente	BUENA	
Comportamiento a la combustión	Arde (mediana dificultad)	
Propagación de llama	Mantiene la llama	
Comportamiento al quemado	Gotea	

Fuente: Adaptado de plásticos mecanizables, 2017

Resistencia a la compresión axial

Mediante este ensayo se aplica carga axial a 5 unidades de albañilería sobre su mayor dimensión a una velocidad constante hasta que ocurran las fallas. Luego se procederá a calcular la resistencia a la compresión de cada espécimen con la ecuación que indica la norma NTP 399.613:

$$C=W/A$$

Dónde:

C = Resist. a la compresión (kg/cm²) (o Pa.10⁴)

W = Máxima carga (según máquina de ensayo), kgf o N

A = Promedio de las sup. de contacto superior e inferior del espécimen (área bruta), cm².

De acuerdo a la Norma E.070 y tal como se muestra en el Anexo 6, las unidades de albañilería se clasificarán de acuerdo a su resistencia resultante a compresión. También debemos tomar en cuenta la limitante de uso que establece esta misma norma, tal como se muestra en el Anexo 7.

Módulo de rotura (flexión)

Mediante este ensayo se evalúan 5 unidades. Se apoya cada espécimen de ensayo en su mayor dimensión y se aplica la carga en la dirección del espesor. Los apoyos están libres para que permita la rotación longitudinal y transversal. El módulo de rotura de cada muestra se calculará de acuerdo a la norma NTP 399.613:

$$S=3W(l/2-x)/bd^2$$

Dónde:

S = Mód. de rotura del espécimen en el plano de falla, Pa.

W = Máx. carga aplicada (con la máquina de ensayo), N.

L = Distancia entre apoyos, mm.

b = Ancho neto (entre caras) del espécimen en el plano de falla, mm.

d = Espesor del espécimen (en el plano de falla), mm.

x = Dist. promedio desde el centro del espécimen hasta el plano de falla, medida en la dirección entre apoyos, a lo largo de la línea central de la superficie sujeta a tracción, mm.

Compresión diagonal y compresión diagonal en muretes de albañilería

Permite determinar la resistencia a la compresión tal como se muestra en la figura 8



Figura 8. Ensayo de compresión axial y diagonal de muretes

Fuente: SENCICO

Se someten a fuerzas de compresión para identificar si muestran deformaciones laterales diferentes. Se tiene como base registros históricos o tablas de resistencia de las unidades y de acuerdo a la norma tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Metodología para determinación de f'_m y v'_m

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE 8 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$(f')_m$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$(V')_m$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Fuente: NT E.070 – Albañilería

Formulación del problema

Problema General

¿Cómo los ladrillos con Plástico PET mejoran sus propiedades térmicas y acústicas, Lima 2019, según los parámetros requeridos y vigente normativa para el uso en la industria de la construcción?

Problemas específicos

PE1: ¿Cómo mejora la resistencia mecánica los ladrillos con plástico PET, Lima 2019?

PE2: ¿Cómo mejora la conductividad térmica los ladrillos con plástico PET, Lima 2019?

PE3: ¿Cómo mejora el aislamiento acústico los ladrillos con plástico PET, Lima 2019?

Justificación del problema

El estudio involucra el aprovechamiento de los ladrillos PET, aprovechando la disponibilidad de materiales ya que los ladrillos se utilizan con frecuencia en construcciones de viviendas.

En este sentido es importante ya que la falta de experiencia en el uso de este material hace que se tenga una opción viable que favorezca a los procesos constructivos abaratando los costos y al mismo tiempo siendo una fuente importante de insumo que permitiría reducir el hacinamiento en lugares públicos que son focos contaminantes y dañan el medioambiente. No solo se puede lograr dar uso al material en una zona del país, sino a partir de esa experiencia se puede ampliar la cobertura de fabricación beneficiando a la población con material de calidad y con bajo costo, ya que tenemos un déficit de viviendas en las zonas urbanas a nivel nacional.

En ese sentido se busca aprovechar las propiedades térmicas y acústicas que benefician a los usuarios ya que se logra un mejor control térmico en las viviendas, así como la acústica, que son vitales para el confort de los residentes.

Hipótesis

Hipótesis General

Los ladrillos con Plástico PET, Lima 2019, mejoran sus propiedades térmicas y acústicas, según los parámetros requeridos y normativa vigente para el uso en la industria de la construcción.

Hipótesis Específicas

HE1: Se comprueba mediante ensayos la mejora de la resistencia mecánica en ladrillos con plástico PET, Lima 2019.

HE2: Se comprueba mediante ensayos la mejora en la conductividad térmica en ladrillos con plástico PET, Lima 2019.

HE3: Se comprueba mediante los ensayos la mejora en el aislamiento acústico en ladrillos con plástico PET, Lima 2019.

Objetivos

Objetivo general

Mejorar las propiedades térmicas y acústicas en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019, según los parámetros requeridos y normativa vigente para el uso en la industria de la construcción.

Objetivos específicos

OE1: Mejorar la resistencia mecánica en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019.

OE2: Mejorar la conductividad térmica en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019.

OE3: OE3: Mejorar el aislamiento acústico en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de Investigación

2.1.1 Tipo de investigación

Al respecto Valderrama (2015) indica: “el estudio es aplicada; en la que se pone en práctica aspectos teóricos habidos con fines de estabilizar situaciones existentes” (p. 39).

Consideramos como tal el estudio, ya que se busca identificar las ventajas que ofrece este material en los procesos constructivos.

2.1.2 Nivel de investigación

Hernández, Fernández y Baptista (2014), indican “Estudios descriptivos nos conlleva a un detallado de situaciones con fines de precisar características del grupo sometido al proceso investigativo” (p.60).

Por su parte Bernal (2010), sostiene:

Se caracteriza ya que se identifican situaciones presentes sin dar detalles de las causales de las mismas. Esas se sostienen mediante procedimientos basados en encuestas, estudio de documentación habida, así como entrevistar a los actores involucrados con el tema de estudio (p. 113).

A través de esta se precisan los tipos de ensayos que se realizarán y las diversas pruebas que nos permitan precisar el contenido de plástico PET en los ladrillos elaborados.

2.1.3 Diseño de Investigación

Hernández et al. (2014, p.149) manifiesta “de tipo experimental de corte transversal en la que se precisa de evaluaciones de resultados comparativamente en un momento dado” (p.149).

En este caso se hacen mediciones en propiedades térmicas y acústicas como pruebas que nos permitan posteriormente a partir de los parámetros establecidos en los ensayos y las mediciones respectivas se puede deducir si el uso es confiable en proyectos constructivos y al mismo tiempo se podrá delimitar las aplicaciones de los mismos en diversos proyectos constructivos de características relacionadas a los ladrillos PET.

2.2 Operacionalización de variables

Ladrillos con plástico PET:

“Es un material macromolecular conformada por hidrocarburos y otros de origen orgánico. Su característica principal es que se puede reciclar cuyo uso data de 1955 en fabricación de botellas” (Ambientum, 2000, citado en Echevarría, Evelyn, 2017, p.8).

Luis et al. (2008, citado en Echevarría, Evelyn, 2017), considera que:

El PET se fabrica de petróleo crudo, gas y aire. Conforman 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. Su propiedad principal es la resistencia pudiendo ser reutilizado lo que le da mayor preferencia para su fabricación. (p.8)

Tabla 6. Operacionalización de variables

Estudio de las propiedades térmicas y acústicas en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES			
Variable Independiente: Ladrillo de Plástico PET	Es un material macromolecular conformado por hidrocarburos y otros de origen orgánico. Su característica principal es que se puede reciclar cuyo uso data de 1955 en fabricación de botellas" (Ambientum, 2000, citado en Echevarría, Evelyn, 2017, p.8) Luis et al. (2008, citado en Echevarría, Evelyn, 2017)	Echevarría, Evelyn, 2017, considera que: El PET se fabrica de petróleo crudo, gas y aire. Conforman 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. Su propiedad principal es la resistencia pudiendo ser reutilizado lo que le da mayor preferencia para su fabricación (p.8)	Cemento	1578 gr / 1 ladrillo			
			Plástico Triturado PET	856 gr / 1 ladrillo			
			Celuloso	900 cc / 1 ladrillo			
Variables Dependientes: Propiedades del ladrillo de Plástico PET	Gallegos Casabonne (2005) La resistencia mecánica a la comprensión señala la buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición (p.204)	Las propiedades mecánicas permiten que el ladrillo PET, asegure una buena resistencia mecánica en la construcción de viviendas.	Propiedades Mecánicas	Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería Carga Máxima (kg) / Resistencia a la Compresión (kg/cm ²) Ensayo de Compresión Diagonal en Murete de Albañilería Carga Máxima (kg) / Resistencia a la Compresión (kg/cm ²) Ensayo de Resistencia a la Compresión en Pilas de Albañilería Carga de Rotura (kg) / Resistencia a la Compresión (kg/cm ²) Ensayo de Resistencia a la Flexión en Unidades de Albañilería Carga de Rotura (kg) / Resistencia a la Flexión (kg/cm ²) Ensayo de Absorción de 24 horas en Unidades de Albañilería Peso 24 Horas (kg) / Absorción en 24 Horas (%)			
				Contreras, A., Owen, Contreras, W., Cloquell y Rondón (2012), consideraron: Aislamiento térmico es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción. Se evalúa por la resistencia térmica que tienen los elementos en condiciones similares de uso, calculando las diferencias de comportamiento acústico de un elemento constructivo, si lo consideramos aisladamente (ensayo de laboratorio)	Las propiedades acústicas, se debe a que el ladrillo PET, impide el paso del sonido permitiendo un control sonoro al interior de la vivienda	Propiedades Acústicas	Ensayo de Aislamiento Acústico Frecuencia (Hz) / Intensidad de ruido (dB)
				Contreras, A., Owen, Contreras, W., Cloquell y Rondón (2012), indicaron: Las propiedades físicas de aislamiento acústico permiten definir la capacidad de un elemento constructivo o cerramiento para impedir el paso del sonido a través de él. Se evalúa, en términos generales, mediante la relación de Niveles de Presión Sonora a ambos lados del elemento.	La propiedades térmicas permiten que el ladrillo PET, asegure una buena condición de temperatura en el interior de la vivienda	Propiedades Térmicas	Ensayo de Conductividad Coeficiente de C.T. (W/mK)

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

“En este caso lo conforman todos los elementos que son sujetos de estudio, mediante los cuales se obtendrán resultados. Es preciso definir bien quienes conforman este grupo a ser evaluado” (Levin & Rubin, 2004, p. 10).

En el estudio está constituida por datos cuantitativos, datos obtenidos al efectuar ensayos de los ladrillos PET. Al respecto se considera como población un total de 106 ladrillos fabricados con el material indicado para fines de efectuar los ensayos correspondientes, siendo esta cantidad promedio de acuerdo a los requerimientos de los Laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería (Laboratorio 1- Ensayo de materiales y Laboratorio de Investigación y Certificaciones)

2.3.2. Muestra

Según Hernández et al. (2014),

“En este caso se define como una parte de población. Generalmente se considera este grupo como objetivo evaluativo pero que no pierda la esencia del total de elementos que lo integran” (p. 175).

Por la tanto la muestra está formada por los ensayos que se deduce así:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot P \cdot (1 - P)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Dónde:

n: es el nivel de la muestra

Z: es el nivel de confianza: 1,96

p: es la variabilidad positiva: 50%

1 - p : es la variabilidad negativa: 50%

N: Tamaño de la población de estudio: 106

E: es la precisión o error: 5%

$$\begin{aligned} n &= \frac{106(1.96)^2 (0.50) (0.5)}{(105 - 1) (0.05)^2 + (1.96)^2 (0.50) (1 - 0.50)} \\ n &= 83 \end{aligned}$$

Este número de unidades de albañilería es coherente con las unidades requeridas por los laboratorios y abaladas por las respectivas normas para cada tipo de prueba. A continuación se indican el número de muestras requeridas para cada tipo de ensayo:

Tabla 7. Número de unidades por cada tipo de ensayo

ENSAYOS REALIZADOS	NORMA	LABORATORIO	Nº DE MUESTRAS SEGÚN NORMA	Nº DE MUESTRAS EVALUADAS
Conductividad térmica	ASTM D 7984-16	LABICER (UNI)	5	6
Aislamiento acústico	ASTM E90-09	LABICER (UNI)	1	2
Módulo de Rotura en Unidades de Albañilería (Flexión)	NTP. 399.613	LEM (UNI)	5	75
Compresión diagonal en muretes de albañilería (incluyendo elaboración de 3 muros de 0.6x0.6m)	NTP. 399.613	LEM (UNI)	45	
Ensayo de compresión axial en pilas de albañilería (incluyendo elaboración de 3 pilas)	NTP. 399.605	LEM (UNI)	9	
Ensayo de compresión en unidades de albañilería	NTP. 399.613	LEM (UNI)	5	
Absorción a 24 horas en unidades de albañilería	NTP. 399.613	LEM (UNI)	5	

Fuente: Elaboración propia

2.4. Técnicas, instrumentos de recolección de datos, confiabilidad y validez

2.4.1. Técnicas

“Según el estudio que se realizará se considera la técnica, con fines de obtener datos para efectuar el trabajo.” (Bernal, 2010, p. 192).

En el presente se toma en cuenta la Observación de Campo siendo los ensayos los que serán evaluados, considerando en su estudio las mediciones de sus propiedades mecánicas, térmicas y acústicas respectivamente. En la figura 9 se muestra un ensayo a la compresión:



Figura 9. Ensayo a la compresión

Fuente: Elaboración propia

2.4.2. Instrumentos

“En este caso nos permite tener un reporte de información que nos es útil para consolidar el estudio” (Hernández et al. 2014, p. 199).

Al respecto se usará las fichas de recolección de datos en las cuales se registrarán los logros obtenidos en ensayos considerando propiedades térmicas, acústicas y mecánicas del ladrillo PET.

Previo a la obtención de los resultados de las pruebas realizadas, se realizó la solicitud de servicio con la entidad acreditada para estos fines, con la finalidad de obtener la información cuantitativa y proceder a evaluar lo resultante según los objetivos planteados en la presente investigación.

2.4.3. Validez

Asimismo, Hernández, et. al. 2014 “En este caso se asocia al nivel que los datos registrados reflejan coherencia con lo que se busca” (p. 201).

En el estudio se consideró el juicio de 3 expertos, con fines de que validen con objetividad lo que se ha considerado analizar, en la tabla 8 se indica ello.

Tabla 8. Juicio de los expertos

N°	Nombres de Expertos	Pertinencia	Relevancia	Claridad
1	Raúl Heredia Benavides	✓	✓	✓
2	Fernando Casusol Iberico	✓	✓	✓
3	Leopoldo Choque Flores	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

2.4.4 Confiabilidad del Instrumento

Por otro lado, Hernández, et. al. (2014) dice “Es preciso que al efectuar mediciones se tengan logros equivalentes” (p. 200).

Estos ensayos correspondientes al estudio se realizan en laboratorios confiables, certificados, con el equipamiento necesario para evaluar los logros alcanzados.

2.5. Métodos para el análisis de datos

“En este caso se precisa de elementos gráficos y tablas que nos permiten interpretar la realidad de los elementos analizados” (Córdoba, 2003, p.1).

Se hicieron los ensayos y pruebas como elemento probatorio de las propiedades térmicas, mecánicas y acústicas de los ladrillos PET, a través de pruebas de resistencia, medición de propiedades térmicas, así como las acústicas, registrando los resultados en tablas que son proporcionadas por los laboratorios. También en la fase inicial se utilizaron en las mediciones balanzas para el peso de materiales para la buena dosificación y se obtengan resultados favorables. Así mismo con los datos procesados se hicieron las gráficas que ilustran el comportamiento de los materiales en los ensayos efectuados.

2.6. Aspectos éticos

En este caso se cumple con los requisitos establecidos en cuanto a las citas de información registrada en el trabajo, así como la información que se utilice en el desarrollo, cuya

procedencia es de los estudios realizados. También se elabora en concordancia con los requisitos de formatos y metodología a utilizar en el desarrollo del trabajo.

2.7. Delimitación de la Investigación

Estudiamos las propiedades termo acústicas y mecánicas de los ladrillos PET a partir de agregados de los plásticos que se recolectan por los recicladores de Carabaylo provenientes de la ciudad de Lima durante el segundo semestre del año 2019.

III. RESULTADOS

3.1 Diseño de mezcla del ladrillo PET

Es importante considerar que para fabricar los ladrillos el diseño de mezcla ya que permitirá ello determinar la resistencia del material. Por ello es preciso determinar la cantidad de componentes para lograr obtener un ladrillo apropiado y cumpla con las condiciones requeridas para la investigación, el PET utilizado es un producto que fue obtenido a partir del filtrado por medio de la malla N° 8 (obteniéndose empíricamente el mejor tamaño) tal como se muestra en la siguiente tabla:

TAMIZ #	ABERTURA	PESO RETENIDO	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA
	mm.	gr.	gr.		
3/8"	9.50	-	-	0.00%	100.00%
N.4	4.75	-	63.00	0.00%	100.00%
N.8	2.38	0.13	62.87	0.20%	99.80%
N.16	1.19	57.02	5.86	90.50%	9.30%
N.30	0.59	4.93	0.93	7.82%	1.48%
N.50	0.30	0.47	0.46	0.75%	0.73%
N.100	0.15	0.24	0.22	0.38%	0.35%
PASA # 200		0.22			
TOTAL		63			

También es importante tener la cantidad de agua adecuada, para poder dosificar el agua se tuvo que ir agregando progresivamente agua hasta que se obtenga una superficie húmeda lo que facilitó el desmolde; es importante indicar que aun con la misma cantidad de agua varía la textura.

A continuación (tabla 9), se indica la dosificación final aplicada cada uno de los ladrillos fabricados:

Tabla 9. Dosificación para la fabricación de un ladrillo PET

DOSIFICACIÓN		
Cemento	gr	1,578.00
Plástico PET	gr	856.00
Agua (celulosa)	cc	900.00

Fuente: Elaboración propia

3.2 Etapas de fabricación de ladrillos PET

El proceso de fabricación de ladrillos PET se realiza de manera secuencial con la finalidad de poder detallar los pasos que se siguió para obtener el ladrillo, siendo importante para

el proyecto que se logre un ladrillo en condiciones favorables ya que estos se someterán a ensayos para comprobar si cumplen con las condiciones mínimas de calidad que permita garantizar que son de buena calidad y favorables para el cumplimiento de los objetivos esperados.

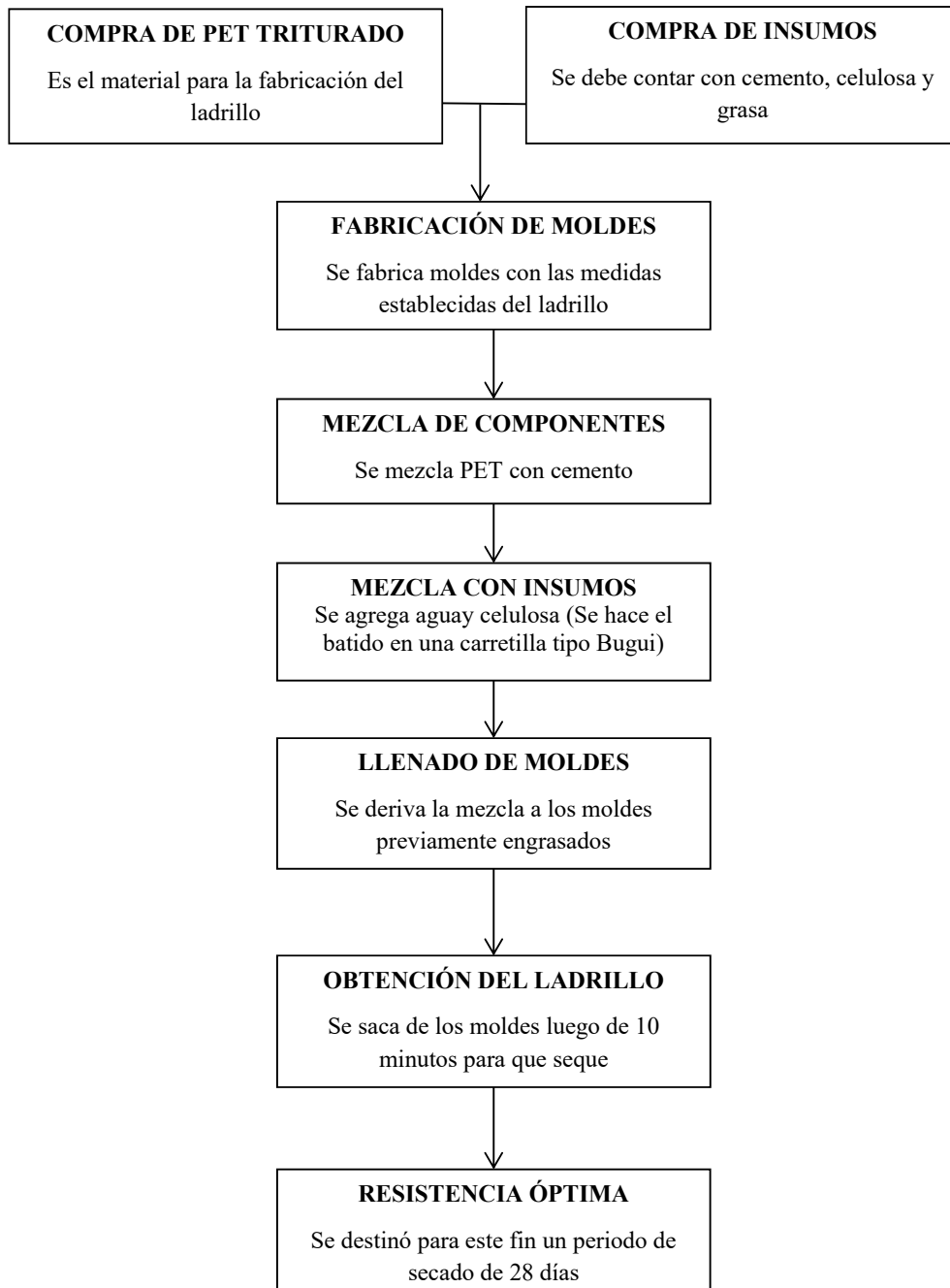


Figura 10. Flujograma de la fabricación de ladrillo PET.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al flujograma en la figura 10, se describe cada etapa:

- ✓ Compra de PET triturado e insumos: En la etapa inicial se hace las compras necesarias para poder realizar la fabricación de ladrillos, adquiriendo: PET triturado, cemento y celulosa.



Figura 11. Compra de materiales

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Fabricación de moldes: En la fabricación de moldes se toma en cuenta las dimensiones, siendo el material utilizado madera ya que permite extraer fácilmente el ladrillo.



Figura 12. Fabricación de moldes de madera

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Mezcla de componentes: En esta fase se hace mezcla en seco de los gránulos de PET y cemento en seco con las cantidades consideradas en la dosificación



Figura 13. Mezcla de PET y cemento

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Mezcla con insumos: En esta fase se agrega los insumos que son agua, celulosa y acelerante (Se hace el batido en una carretilla tipo bugui)



Figura 14. Mezcla de insumos

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Llenado de moldes: Se llenan los moldes con el material mezclado para la fabricación del ladrillo. Es preciso que se fije bien en material en el molde para lo cual se utiliza una frata de madera.



Figura 15. Llenado de moldes

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Obtención del ladrillo: Se saca de los moldes luego de 10 minutos para que seque.



Figura 16. Ladrillos extraídos del molde

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Secado del ladrillo: Esta es la última fase en la que se considera 28 días de secado, para lo cual se ubican los ladrillos en un lugar cerrado para evitar dañarlos con situaciones ambientales



Figura 17. secado de ladrillos

Fuente: Elaboración propia

3.3 Procesos de medición de resistencia mecánica, térmica y acústica

3.3.1 Resistencia mecánica

Luego de finalizada la fabricación del ladrillo, este se pone en un proceso de fraguado, se almacenan en un ambiente fresco bajo techo durante 28 días con fines de hacer la prueba mecánica y se procede a llevar las 75 unidades al laboratorio.

Absorción a 24 horas en unidades de albañilería

Después de sumergir los especímenes durante 24 horas en agua limpia, se retiraron los especímenes secándolos superficialmente con un paño, después de 5 minutos se procedió a pesarlos y determinar el porcentaje de absorción con la siguiente formula:

$$Absorción\% = 100 \frac{(W_s - W_d)}{W_d}$$

En la tabla 10 se muestran los pesos obtenidos de las 5 muestras, primero se indica el peso después del secado al horno durante 24 horas, después se muestra el peso sometido a las condiciones ambientales, luego el peso de cada espécimen saturado en agua durante 24 horas y finalmente el resultado del cálculo de absorción de acuerdo a la formula anterior se muestra a continuación.

Tabla 10. Ensayos de Absorción de 24 horas

MUESTRA	PESO DE LOS ESPECÍMENES			ABSORCIÓN 24H (%) (4) = ((3) -(2))*100 / (2)
	W Peso 24 horas (gr.) (1)	Wd Peso seso constante (gr.) (2)	Ws Peso saturado 24 horas (gr.) (3)	
M-1	3,483.8	3,483.8	3,560.6	5.1
M-2	3,268.0	3,268.0	3,516.6	7.6
M-3	3,151.6	3,151.7	3,438.8	9.1
M-4	2,826.4	2,826.5	3,048.7	7.9
M-5	4,139.4	4,130.4	4,457.6	7.9
			Promedio	7.5

Fuente: Elaboración propia

Las condiciones ambientales fueron:

- Temperatura de saturación = 21.3°C
- Humedad Relativa = 67.4%

En la Figura 18 se muestra el comparativo de los resultados de absorción de las 5 muestras:



Figura 18. Comparativo de resultados de los ensayos de absorción

Fuente: Elaboración propia

Dado que el porcentaje de absorción es inferior al 12%, de acuerdo a la NTP 399.613 y Norma E.070 se podrán clasificar como unidades resistentes al intemperismo.

Se realiza la prueba de compresión realizando pruebas a 5 muestras

El método consiste en aplicar a una velocidad controlada en el rango cargas axiales de compresión a los moldes hasta que ocurra la falla (figura 19). Este ensayo se realizó siguiendo la NTP 399.613.



Figura 19. Prueba de compresión

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 11 se muestran las dimensiones recogidas de cada una de las muestras, dichas dimensiones se recogen para calcular el área de contacto promedio, con esta área y la carga máxima a la que fue sometida la muestra antes de fallas se determinó la resistencia de cada muestra, tal como se indica en la última columna:

Tabla 11. Prueba de compresión de ladrillos PET

DIMENSIONAMIENTO DEL LADRILLO (Cm.)												
MUESTRA	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR		ALTURA		LARGO PROM (Cm.)	ANCHO PROM (Cm.)	ALTURA PROM (Cm.)	ÁREA BRUTA (Cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
	LARGO1	ANCHO1	LARGO2	ANCHO2	ALT. 1	ALT. 2						
M-1	25.0	13.4	28.3	13.8	8.7	8.5	26.7	13.6	8.6	363.1	20,010	55.1
M-2	25.5	15.2	24.8	15.6	8.8	8.8	25.2	15.4	8.8	388.1	22,154	57.1
M-3	24.3	13.9	25.6	13.6	9.1	9.0	25.0	13.8	9.1	345.0	16,355	47.4
M-4	26.2	15.2	26.8	15.8	8.6	8.5	26.5	15.5	8.6	410.8	29,104	70.8
M-5	25.9	14.3	26.8	14.6	8.3	8.3	26.4	14.5	8.3	381.8	27,750	72.5

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20 se muestra el comparativo de los resultados de la carga de rotura sometida cada muestra así como la resistencia resultante:

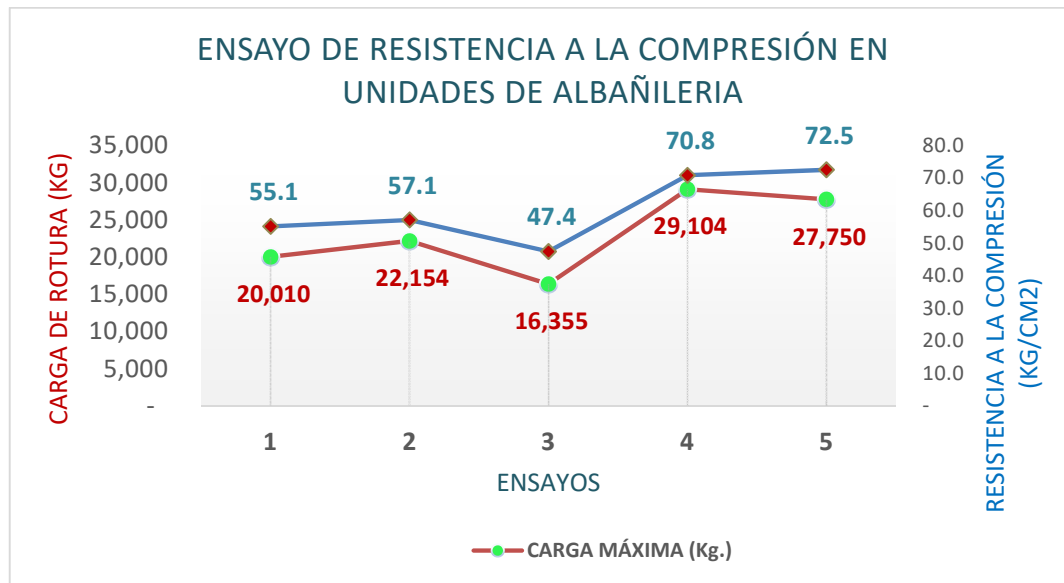


Figura 20. Prueba de resistencia a la compresión de ladrillos PET

Fuente: Elaboración propia

Dado que el promedio de la resistencia a compresión supera los 50kg/cm² se clasifica la unidad de albañilería como Ladrillo Tipo I, unidades para muros portantes. Asimismo tomando en cuenta las limitantes de uso que se indican en el Anexo 7

Ensayo de módulo de rotura (flexión):

Se ensayaron 5 unidades. El ensayo consistió en apoyar los especímenes en su mayor dimensión aplicando la carga en la dirección del espesor de la unidad, los apoyos fueron libres de rotar en las direcciones longitudinales y transversales aplicando la carga de manera constante y aumentándola gradualmente.

A continuación (Tabla 12) se muestran las distancias entre los apoyos, dimensiones para determinar el área, la carga a la que fue sometido cada ladrillo y finalmente el resultado de la resistencia a la flexión:

Tabla 12. Resultados de ensayos de flexión

MUESTRA	DISTANCIA ENTRE APOYOS (Cm)	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES			ÁREA NETA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg.)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
			LARGO (cm.)	ANCHO (cm.)	ALTURA (cm.)			
M-1	22.4	05/11/2019	26.4	14.4	8.7	380.2	279	8.6
M-2	20.6	05/11/2019	24.6	14.6	8.7	359.2	302	8.4
M-3	22.1	05/11/2019	26.1	14.5	9.1	378.5	281	7.8
M-4	22.3	05/11/2019	26.3	14.7	8.6	386.6	220	6.8
M-5	22.5	05/11/2019	26.5	14.9	8.7	394.6	249	7.5
							Promedio	7.8

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21 se muestra el comparativo de los resultados de la carga de rotura sometida cada muestra así como la resistencia a la flexión resultante:

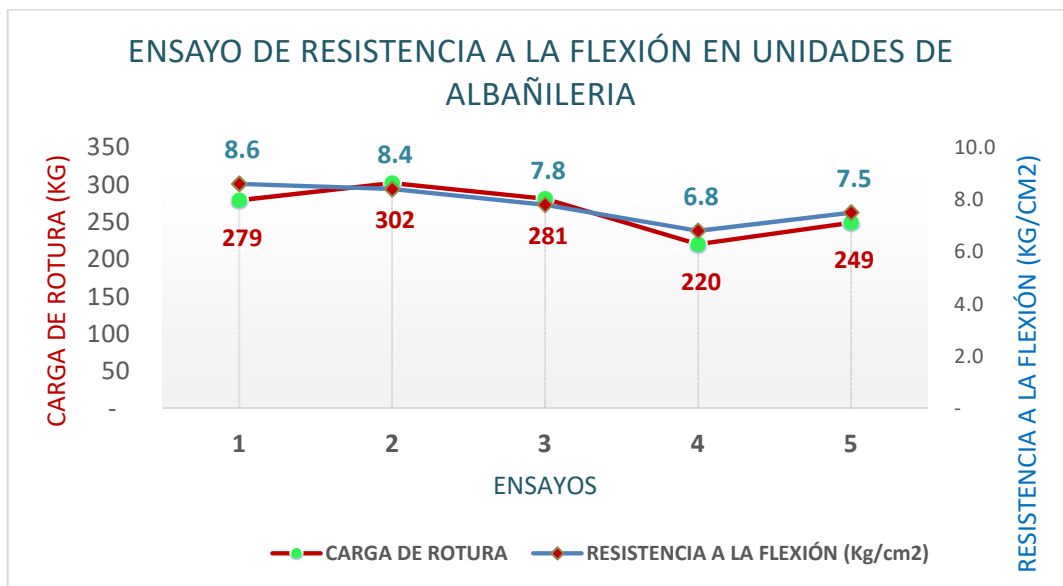


Figura 21. Prueba de resistencia a la flexión de ladrillos PET

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de compresión axial en pilas de albañilería:

Se construyeron tres pilas controlando la verticalidad con el nivel y plomada, asentando las unidades una sobre otra teniendo limpia las superficies tal como se muestran en la figura 22.

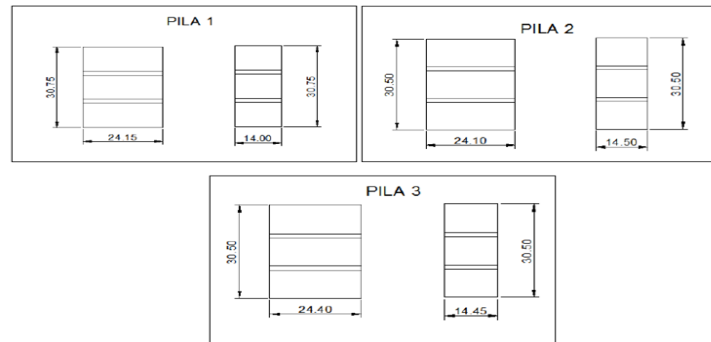


Figura 22. Construcción de pilas

Fuente: Elaboración propia

A continuación (Tabla 13) se muestran las dimensiones de las pilas de ladrillos, dimensiones para determinar el área, esbeltez, factor de corrección (de acuerdo a la NTP 399.605), la carga a la que fue sometido cada pila y finalmente el resultado de la resistencia a la flexión:

Tabla 13. Resultados de ensayos de compresión en pilas

MUESTRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES DE PILAS			ESBELTEZ (ALTIMA - ANCHO)	FACTOR DE CORRECCIÓN	ÁREA NETA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg.)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ÁREA BRUTA (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
			LARGO (cm.)	ANCHO (cm.)	ALTIMA (cm.)						
PILA 1 - 1	28/10/2019	25/11/2019	25.2	13.1	40.4	3.1	1.08	330.1	3,840	13	Separación del frente superficial
PILA 1 - 2	28/10/2019	25/11/2019	25.4	14.4	40.3	2.8	1.05	365.8	6,600	19	Separación del frente superficial
PILA 1 - 3	28/10/2019	25/11/2019	25.7	13.6	40.2	3.0	1.07	349.5	3,720	11	Separación del frente superficial

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería:

Se fabricaron 3 muretes de 60x60 cm con juntas de 1.5 cm para determinar la resistencia a la compresión diagonal

Recogiendo los tipos de fallas obtenidas y mostrando los resultados en los siguientes cuadros:

RESISTENCIA PROMEDIO DEL MORTERO = 198 (Kg/cm²)

Tabla 14. Resultados de las fallas

MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES (cm)			ÁREA BRUTA (Ab) (cm ²)	CARGA APLICADA (P) (Kg)	ESFUERZO CORTANTE (Vm) (Kg/cm ²)	COMPRESIÓN DIAGONAL (Kg/cm ²)
		LARGO (L)	ALTURA (h)	ESPESOR (t)				
MURETE 1 - 1	25/11/2019	60.3	60.2	14.3	861.6	3,540	5.8	2.9
MURETE 1 - 2	25/11/2019	65.2	61.0	13.8	870.8	4,340	3.4	3.5
MURETE 1 - 3	25/11/2019	65.3	61.8	14.1	896.1	5,112	2.6	4.0

Fuente: Elaboración propia

En la figura 23 se muestra el comparativo de los resultados de la carga de rotura sometida cada murete así como la compresión diagonal:

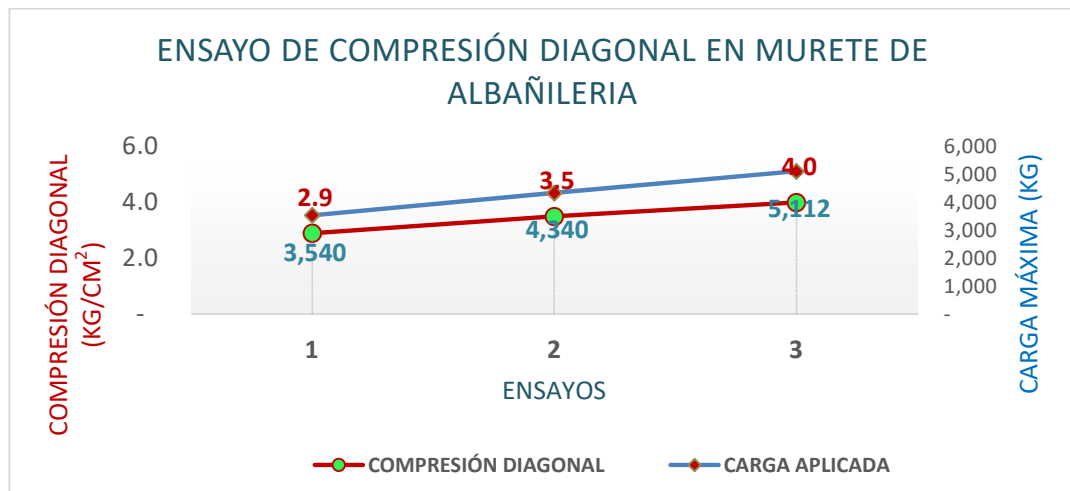


Figura 23. Comparativo de compresión diagonal en muretes

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Resistencia térmica

Las pruebas térmicas realizadas son: Conductividad térmica y efusividad de los materiales de forma directa. Lo cual describe su capacidad para intercambiar energía térmica con otro material que está en contacto como en la figura 24 se aprecia.

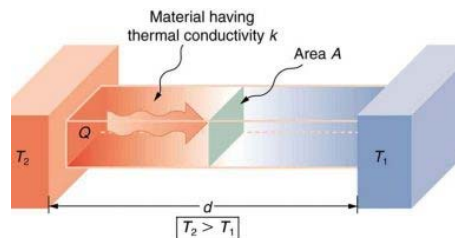


Figura 24. Conductividad térmica

Fuente: Elaboración propia

Se proporcionaron los ladrillos; se seleccionaron para medir la conductividad. El criterio de selección fue en relación con el proceso de fabricación de los ladrillos: el primero se refería a las deformaciones sufridas por el método de fabricación, y calificándolos según los criterios siguientes: 1-superficies planas, 2-superficies ligeramente deformadas, 3-superficies muy deformadas.

El sistema de medición se compone de un sensor, la electrónica de control y el software de computadora. El sensor es de reflectancia del calor de un solo lado, interfacial, que aplica una fuente de calor constante y momentáneo a la muestra (Figura 25).



Figura 25. Equipo Thermal Conductivity Instrument, usado para los ensayos

Fuente: Elaboración propia (LABICER, 2019)

En la siguiente tabla se muestra la efusividad y conductividad térmica resultante de las 10 muestras del laboratorio:

Tabla 15. Pruebas realizadas a una temperatura de $25.9^{\circ}\text{C} \pm 0.3^{\circ}\text{C}$

# Ensayo	Effusivity ($\text{Ws}^{1/2}/\text{m}^2\text{K}$)	k(W/mK)
1	870.92	0.51
2	888.12	0.53
3	881.52	0.52
4	878.52	0.52
5	879.96	0.52
6	881.54	0.52
7	885.65	0.53
8	884.76	0.53
9	883.36	0.53
10	884.59	0.53

Fuente: LABICER

En la figura 26 se muestra el comparativo de los resultados de la conductividad térmica de las 10 muestras sometidas al laboratorio:

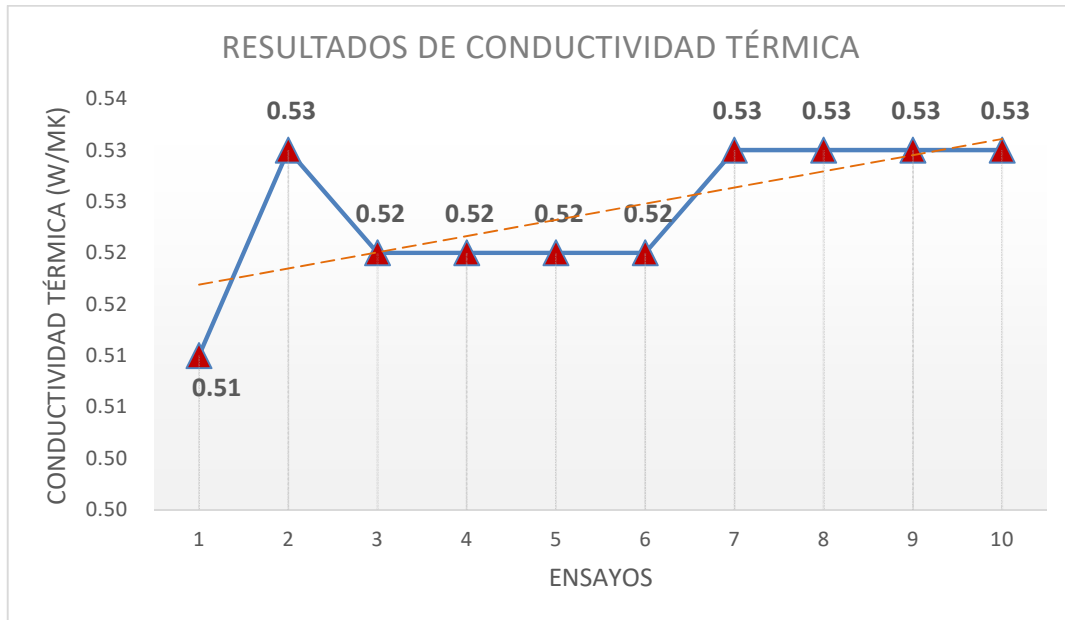


Figura 26. Conductividad térmica de las 10 muestras

Fuente: Elaboración propia (LABICER, 2019)

Resultado de ensayo de conductividad:

Tabla 16. Resultado de ensayo de conductividad

Efusividad ($Ws^{1/2}/m^2K$)	Conductividad Térmica $k(W/mK)$
881.89 ± 4.79	0.52 ± 0.01

Fuente: LABICER

En la tabla según los resultados del análisis de conductividad térmica, resulta ser de 0.52W/mK lo que expresa la cantidad o flujo de calor que pasa a través de la unidad de superficie de una muestra.

A continuación, se comparan los resultados obtenidos para los ladrillos PET con los resultados de un ladrillo convencional:

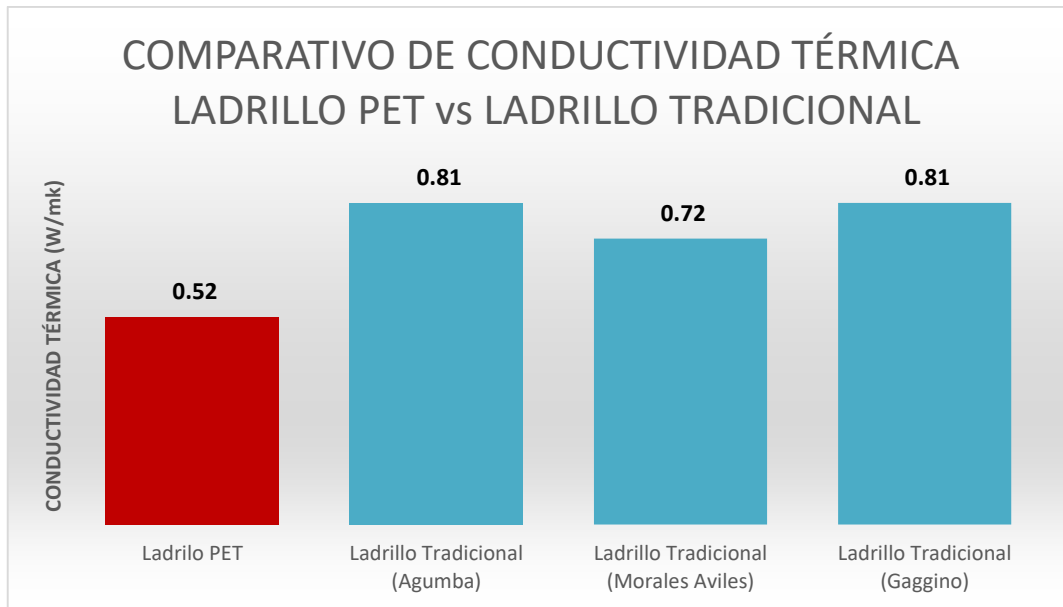


Figura 27. Comparativo de conductividad térmica ladrillo PET vs ladrillo tradicional

Fuente: Elaboración propia

Con ello se demuestra que los ladrillos PET son menos conductores térmicos que un ladrillo convencional.

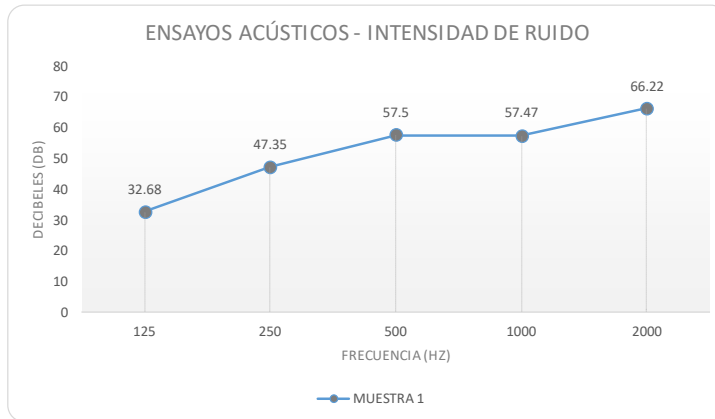
3.3.2 Resistencia acústica

Las pruebas de fuentes de sonido y de acuerdo a la norma ASTM E90-09, se midió la transmisión de sonido a través de una partición o elemento (que en este caso fueron los ladrillos PET), el ladrillo fue la ruta de transmisión sonora aislándolo completamente.

El sistema de medición se compone de un sensor de sonido, la electrónica de control y el software de computadora y detector y calibrador Casella.

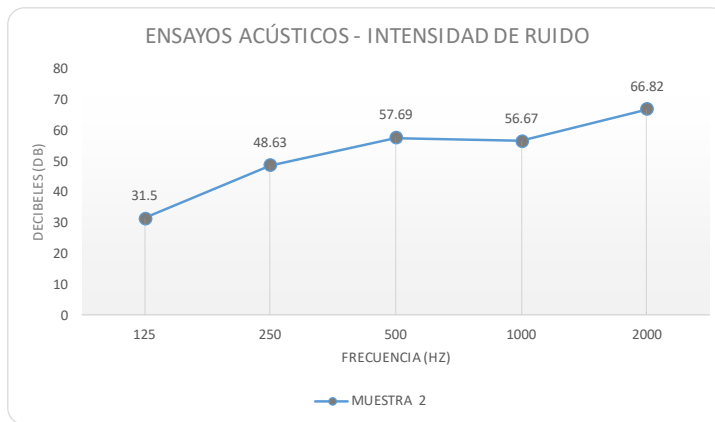
Análisis del ladrillo PET: Se presentó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería la muestra de ladrillo PET, con la finalidad de realizar el estudio de las propiedades térmicas y acústicas. Las condiciones ambientales fueron de 22.7 °C y humedad relativa de 62%.

MUESTRA 1	
Potencia (dB)	De Frente: 80 dB
	De Fondo: 16 dB
Norma	ASTM E90
Laboratorio	LABICER - UNI
FRECUENCIA (HZ)	DECIBELES
125	32.68
250	47.35
500	57.5
1000	57.47
2000	66.22



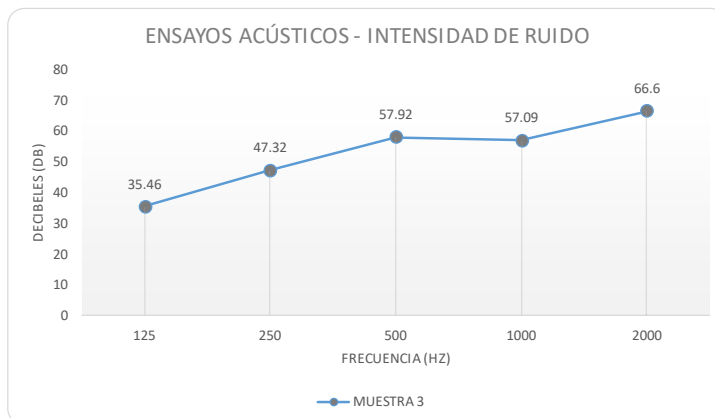
Fuente : Laboratorio LABICER - UNI

MUESTRA 2	
Potencia (dB)	De Frente: 80 dB
	De Fondo: 16 dB
Norma	ASTM E90
Laboratorio	LABICER - UNI
FRECUENCIA (HZ)	DECIBELES
125	31.5
250	48.63
500	57.69
1000	56.67
2000	66.82



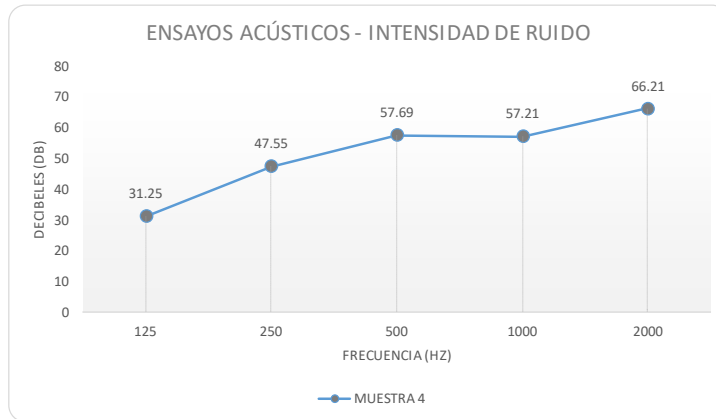
Fuente : Laboratorio LABICER - UNI

MUESTRA 3	
Potencia (dB)	De Frente: 80 dB
	De Fondo: 16 dB
Norma	ASTM E90
Laboratorio	LABICER - UNI
FRECUENCIA (HZ)	DECIBELES
125	35.46
250	47.32
500	57.92
1000	57.09
2000	66.6



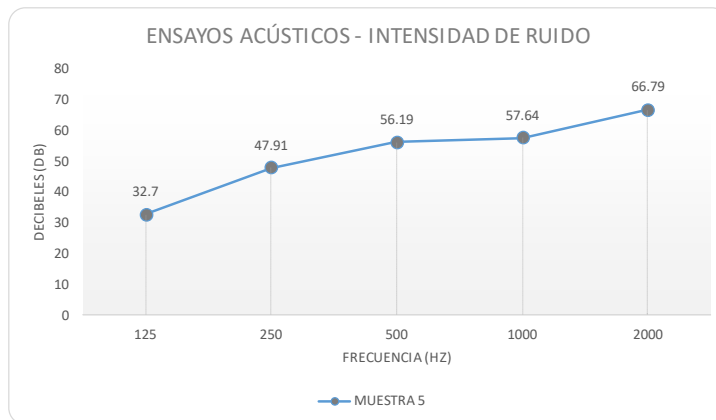
Fuente : Laboratorio LABICER - UNI

MUESTRA 4	
Potencia (dB)	De Frente: 80 dB
	De Fondo: 16 dB
Norma	ASTM E90
Laboratorio	LABICER - UNI
FRECUENCIA (HZ)	DECIBELES
125	31.25
250	47.55
500	57.69
1000	57.21
2000	66.21



Fuente : Laboratorio LABICER - UNI

MUESTRA 5	
Potencia (dB)	De Frente: 80 dB
	De Fondo: 16 dB
Norma	ASTM E90
Laboratorio	LABICER - UNI
FRECUENCIA (HZ)	DECIBELES
125	32.7
250	47.91
500	56.19
1000	57.64
2000	66.79



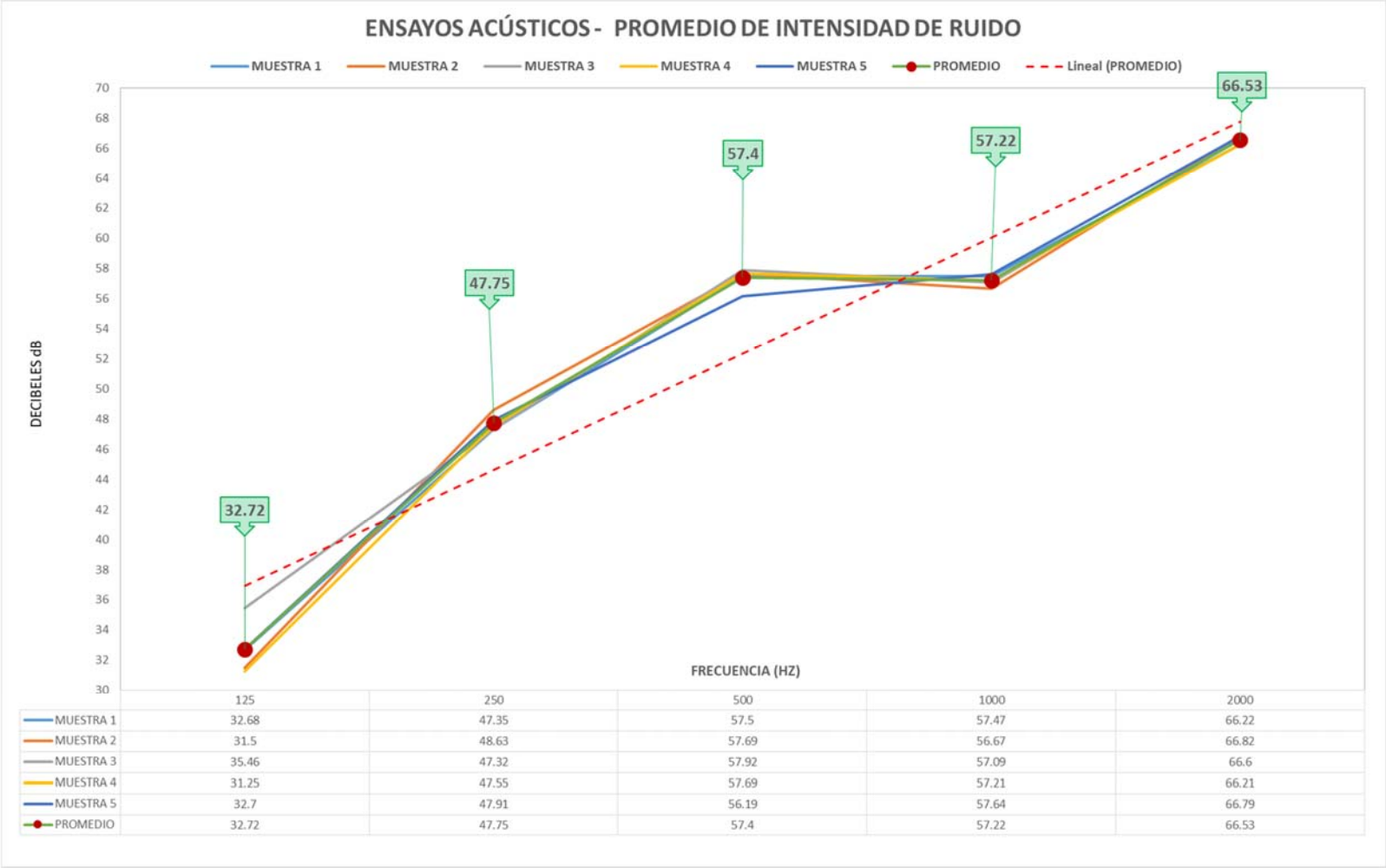
Fuente : Laboratorio LABICER - UNI

Tabla 17. Pruebas realizadas

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000
1	32.68	47.35	57.50	57.47	66.22
2	31.50	48.63	57.69	56.67	66.82
3	35.46	47.32	57.92	57.09	66.60
4	31.25	47.55	57.69	57.21	66.21
5	32.70	47.91	56.19	57.64	66.79
Promedio	32.72	47.75	57.40	57.22	66.53
DS	1.67	0.54	0.69	0.37	0.30

Fuente: LABICER

Comparativo de ensayos:



A continuación, los resultados:

Tabla 18. Resultados de intensidad de ruido

Frecuencia (Hz)	Potencia de frente (dB)	Fondo (dB)	Intensidad promedio de ruido al utilizar la muestra (dB)
125	80	16	32.72
250	80	16	47.75
500	80	16	57.40
1000	80	16	57.22
2000	80	16	66.53

Fuente: LABICER

De acuerdo a los resultados de la intensidad de ruido se tiene que con las frecuencias de 125 y 250 Hz se tiene que la intensidad del ruido es baja. En cambio, con frecuencias de 500 hasta 2000 Hz se tiene que la intensidad del ruido es considerable.

A continuación, se comparan los resultados obtenidos con los resultados de un ladrillo convencional:

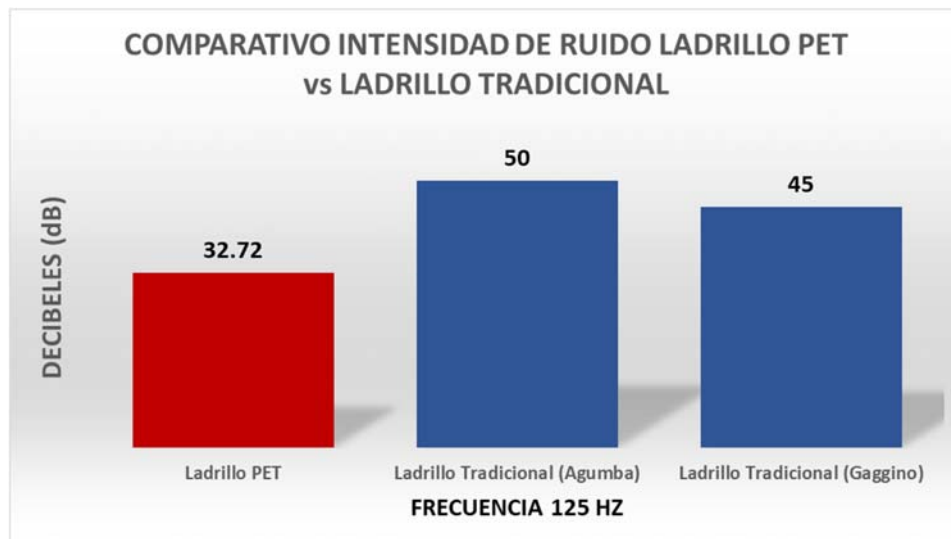


Figura 28. Comparativo de intensidad de ruido ladrillo PET vs ladrillo tradicional

Fuente: Elaboración propia

Con ellos se comprueba que un Ladrillo PET tiene mayor resistencia al ruido que un ladrillo convencional.

IV. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos en el presente estudio nos muestra que en la medida de establecer dosificaciones adecuadas se logra resultados favorables de los ladrillos para el uso en procesos constructivos, como también autores citados lograron en su momento resultados favorables.

4.1 Respecto a los ensayos mecánicos tenemos que Piñeros (2018), en su estudio “Producción de bloques con agregados de plástico reciclado (PET)”, deduce que al 25% de PET agregado en la mezcla, cuenta con el estándar requerido en cuanto a resistencia específica a los 7 y 14 días de fallado, respecto a la relación del peso con un ladrillo convencional se encuentra una diferencia significativa. Por su parte Valdivia (2019), en su estudio “Evaluación de características físico mecánicas de ladrillos con arena gruesa y polímero PET según norma E-070”, logro determinar que la mayor resistencia a compresión (f'_b) fue alcanzado por el ladrillo de 80% PET llegando a una resistencia de 111.47 kg/cm². También Echevarría (2017), en su estudio “Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado”, logro el resultado del cálculo de resistencia a compresión de 51.5kg/cm².

4.2 Respecto al nivel térmico en el presente proyecto en referencia a la conductividad térmica resulta ser de 0.52 W/m°C lo que expresa la cantidad o flujo de calor que pasa a través de la unidad de superficie de una muestra. Por su parte Angumba (2016), en su estudio “Ladrillos elaborados con plástico reciclados (PET), para mampostería no portante”, concluye que las dosificaciones del 10, 25 y 40%, logró condiciones apropiadas de nivel térmico y al mismo tiempo condiciones favorables de habitabilidad en los hogares. También Pérez (2018), en su tesis “Conductividad térmica y resistencia mecánica de ladrillos y placas conformadas de cemento y PET”, precisó que son productos con un bajo coeficiente de conductividad térmica de 0,32 W/m°C siendo buenos aislantes y de bajo porcentaje de absorción.

4.3 Respecto al nivel acústico se logró determinar de acuerdo a los resultados de la intensidad de ruido se tiene que con las frecuencias de 125 y 250 Hz se logra una intensidad del ruido es baja. En cambio, con frecuencias de 500 hasta 2000 Hz se tiene que la intensidad del ruido es considerable, por lo que en ambos casos se comprueba que a pesar de la alta frecuencia aun en las condiciones altas el material amortigua el sonido considerablemente. Gaggino (2009) indica que en ladrillos convencionales y a bajas frecuencias 125Hz atraviesan 45 dB frente a los 32.72 dB en promedio de un ladrillo PET

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación según se plantearon los objetivos, y dadas las características de material utilizado en ladrillos con plástico PET, se pudo determinar las propiedades térmicas, acústicas y mecánicas en el estudio respectivo concluyendo:

- 5.1 Mediante el diseño planteado se obtienen mejoras sustanciales en las propiedades térmicas y acústicas de los ladrillos PET frente a un ladrillo convencional de concreto, sin embargo, respecto a las propiedades mecánicas presentan ciertas restricciones de uso para cumplir con la normativa vigente.
- 5.2 Mediante los ensayos mecánico, se concluye que los ladrillos PET tienen una buena resistencia al intemperismo dada la baja absorción de agua (7.5%), asimismo son válidas como unidades de albañilería Tipo I para muros portantes ya que superan los 50kg/cm^2 . Por otro lado, es importante indicar que a nivel de prismas presentan resultados por debajo del esperado por lo que el uso de estos ladrillos estaría limitado a edificaciones de hasta dos pisos en las zonas 2, 3 y 4, y de hasta 5 pisos en la zona 1.
- 5.3 Mediante los ensayos térmicos de conductividad, se concluye que los ladrillos PET tienen una conductividad térmica de 0.52W/mK , por ende, menor conductividad térmica que un ladrillo convencional, haciendo propicio su uso para zonas de gran friaje y en edificaciones cuyo control térmico resulte relevante.
- 5.4 Mediante los ensayos acústicos, se obtienen resultados de intensidad de ruido de 32.72 dB para una potencia de 80dB con frecuencia de 125Hz . Frente a un ladrillo convencional, los ladrillos PET tienen una mayor resistencia al ruido. Amortiguando y teniendo un mejor control sonoro en las edificaciones.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los logros encontrados en el presente estudio se recomienda:

- 6.1 Respecto a las unidades de albañilería PET se observó que presenta cierto comportamiento elástico, por lo que, al ser sometidos a grandes cargas, su destrucción es gradual y se desmorona paulatinamente. Se recomienda explorar este comportamiento en prismas para evaluar sus potenciales beneficios sismoresistentes.
- 6.2 En referencia a las propiedades mecánicas dado que es primordial la dosificación en la fabricación de los ladrillos es preciso sin embargo la trabajabilidad, manejo de la mezcla y desmolde de las unidades es importante ya que de ello depende la variación geométrica de las unidades. Asimismo, se recomienda investigar el uso de morteros alternativos para generar una mayor cohesión entre las unidades de albañilería PET generando un prisma con mayor resistencia.
- 6.3 En el estudio de las propiedades térmicas para el logro de resultados que permitan mejorar la calidad del ladrillo se sugiere seguir elaborando pruebas con variaciones porcentuales de los componentes para la elaboración del ladrillo con fines de asegurar una mejor propiedad térmica en construcciones de zonas que requieren la regulación térmica por variaciones climáticas.
- 6.4 Respecto a las propiedades acústicas del ladrillo PET es preciso que la condición del material se alinee a la zona donde se realizará la construcción, previa a la elaboración del ladrillo para de esa manera identificar el tipo de material propicio ya que se tiene como parámetros los resultados logrados con diversas frecuencias.

REFERENCIAS

Tesis Nacionales:

- Aliaga, Víctor (2017). Evaluación técnica de la mezcla de concreto con PET reciclable, para la producción de ladrillo de concreto compuesto en la construcción. Universidad Federico Villarreal, Lima – Perú.
- Altamirano, Bullón, Cajacuri, Chiok y Salvatierra (2017). Ladrillos ecológicos con material reciclado PET. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú.
- Arrieta y Peñaherrera (2001), Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora. Proyecto de investigación. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería en convenio CISMID. 67 p.
- Córdova, M. (2003). Estadística descriptiva e inferencial. 5.^a ed. Perú, 2003. Editorial Moshera SRL. ISBN: 9972-813-05-3.
- Echevarría, Evelyn (2017) Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Flores (2018). “Influencia de la dosificación en las características físico - mecánica de la unidad de ladrillo fabricados con productos plásticos reciclados 2018”. Universidad César Vallejo, Lima – Perú.
- Quevedo, Elena (2017). Influencia de las unidades de albañilería tipo PET sobre las características técnicas y económicas de viviendas ecológicas para la zona de expansión del distrito de Nuevo Chimbote, Ancash.
- Valderrama, Santiago (2015). Pasos para la elaboración de proyectos de investigación científica. Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. 2° ed. Perú. Editorial San Marcos E.I.R.L., 2015, 495 p. ISBN: 9786123028787.
- Valdivia (2019). Evaluación de características físico mecánicas de ladrillos con arena gruesa y polímero PET según norma E-070.
- Valles (2016). “Elaboración de una mezcla cementicia y agregados de plástico reciclados, para fabricar ladrillos ecológicos. Loreto – 2014”. Universidad Nacional de la Amazonía peruana.

Tesis Internacionales:

- Angumba (2016). Ladrillos elaborados con plástico reciclados (PET), para mampostería no portante. Tesis para optar el grado de Magister en Construcciones, Cuenca, Ecuador.
- Antico, Wiener, Araya and González (2017). Eco-bricks: a sustainable substitute for construction material. Chile. 518-525
- Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación 3.^a ed. Colombia: Pearson Educación, 106 pp. ISBN: 9789586991285.
- Chhazed, Makwana, Chavda³ and Navlakhe (2019). Utilization of PET Waste in Plastic Bricks, Flexible Pavement & as Alternative Constructional Material - A review. 3 (2019): 616-620
- Contreras, A., Owen, Contreras, W., Cloquell y Rondón (2012), Elaboración de panel aislante acústico y térmico a partir de la reutilización de botellas plásticas de polietileno tereftalato (PET). XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia, 11-13 de julio de 2012.
- Chicaiza y Gonzales (2015). “Análisis de los desechos de botellas plásticas de los habitantes de bastión popular de Guayaquil”. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Di Marco y León (2017). Ladrillos con adición de PET. Una solución amigable para núcleos rurales del municipio del Socorro, Bogotá - Colombia
- Gamboa, Recalde (2015). “Bases de diseño para la construcción sostenible con mampostería de ladrillo tipo PET”. Universidad Central de Ecuador. Paz, Erwin (2014). Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Hernandez, R., Fernandez, R. y Baptista, P. (2014) Metodología de la Investigación. 6.^a ed. México: Edamsa Impresiones, 634 pp. ISBN 9701057538.
- Herrera, Rafael (2018). Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de

- vivienda. Posgrado en gerencia de obras Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería.
- Juárez, N. et al. (2011). Estudio de factibilidad para la manufactura de empuñaduras de PET reciclado. Guadalajara.
- Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73020063002>
- Levin & Rubin (2004). Estadística para administración y economía. 7ma. Edición. Editorial Pearson, México, 2004. ISBN: 0-13-476292-4
- Piñeros y Herrera (2018). Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda. Universidad Católica de Colombia.
- Mancheno (2014). “Estudio de factibilidad de una empresa de ladrillos ecológicos de alta densidad”. Universidad Católica de Ecuador.
- Maldonado, Corvalan, Cohenca and Monteiro (2018). Setting time of ecological bricks with different percentage PET. Conference Paper. 6 (2017), 354 – 362.
- Makwana, Chavda³ and Navlakhe (2019). Utilization of PET Waste in Plastic Bricks, Flexible Pavement & as Alternative Constructional Material - A review. 3 (2019), 616 – 620.
- Antico, Wiener, Araya and González (2017). Eco-bricks: a sustainable substitute for construction material. Revista de la Construcción. 16 (3), 518 – 526.
- Maure, Candanedo, Madrid, Bolobosky y Marín (2018). Fabricación de ladrillo a base de polímeros PET y viruta metálica. RIC. 4(Nº especial), 33-38.
- Morales y Pérez (2018). Conductividad térmica y resistencia mecánica de ladrillos y placas conformadas de cemento y PET.
- Muñoz and Trotta (2015). Design of a Brick with Sound Absorption Properties Based on Plastic Waste & Sawdust. IEEEaccess. 6 (2015), 1260 – 1271.
- Uehara, França, Canevarolo and Vicente (2015). Recycling assessment of multilayer flexible packaging films using design of experiments polímeros. Ciencia e Tecnología. 25 (4), 371 – 381.
- Zavala (2015). Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado. Escuela de ingeniería civil y arquitectura sede central Santa Tecla, El Salvador. ISBN: 978-99961-50-23-4

Zúñiga (2015). “Evaluación del tereftarato de polietileno (pet) como agregado en la elaboración de mortero para ladrillos y concreto”. Universidad La Salle, Bogotá – Colombia.

ANEXOS

Anexo I. Matriz de consistencia

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS Y ACÚSTICAS EN LADRILLOS CON PLÁSTICOS PET, LIMA 2019

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	
¿Cómo los ladrillos con Plástico PET mejorarían sus propiedades térmicas y acústicas, Lima 2019, según los parámetros requeridos y normativa vigente para el uso en la industria de la construcción?	Mejorar las propiedades térmicas y acústicas en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019, según los parámetros requeridos y normativa vigente para el uso en la industria de la construcción.	Los ladrillos con Plásticos PET, Lima 2019, mejorarán sus propiedades térmicas y acústicas, según los parámetros requeridos y normativa vigente para el uso en la industria de la construcción	Variable Independiente: Ladrillo de Plástico PET	Cemento Plástico Triturado PET Celulosa Propiedades Mecánicas	1578 gr / 1 ladrillo 856 gr / 1 ladrillo 900 cc / 1 ladrillo	Método : Cuantitativo Tipo de Investigación : Aplicativo Diseño: : Experimental Nivel : Correlacional Población 106 ladrillos	
PE1: ¿Cómo mejoraría la resistencia mecánica los ladrillos con plásticos PET, Lima 2019?	OE1: Mejorar la resistencia mecánica en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019	HE1: Se comprueba mediante ensayos la mejora de la resistencia mecánica en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019	Variables Dependientes:		Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería <i>Carga Máxima (kg) / Resistencia a la Compresión (Kg/cm2)</i> Ensayo de Compresión Diagonal en Murete de Albañilería <i>Carga Máxima (kg) / Compresión Diagonal (Kg/cm2)</i> Ensayo de Resist. a la Compresión en Pilas de Albañilería <i>Carga de Rotura (kg) / Resistencia a la Compresión (Kg/cm2)</i> Ensayo de Resist. a la Flexión en Unidades de Albañilería <i>Carga de Rotura (kg) / Resistencia a la Flexión (Kg/cm2)</i> Ensayo de Absorción de 24 horas en Unidades de Albañilería <i>Peso 24 Horas (Kg) / Absorción en 24 Horas (%)</i>		Muestra 83 ladrillos
PE2: ¿Cómo mejoraría la conductividad térmica los ladrillos con plásticos PET, Lima 2019?	OE2: Mejorar la conductividad térmica en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019	HE2: Se comprueba mediante ensayos la mejora en la conductividad térmica en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019	Propiedades del ladrillo de Plástico PET		Propiedades Acústicas		Ensayo de Aislamiento Acústico <i>Frecuencia (Hz) / Intensidad de ruido (dB)</i>
PE3: ¿Cómo mejoraría el aislamiento acústico los ladrillos con plásticos PET, Lima 2019?	OE3: Mejorar el aislamiento acústico en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019.	HE3: Se comprueba mediante los ensayos la mejora en el aislamiento acústico en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019	Mecánicas Acústicas Térmicas	Propiedades Térmicas	Ensayo de Conductividad <i>Coefficiente de C.T. (W/m.K)</i>	Instrumentos de Recolección de datos Libreta de notas Técnicas de Procesamiento de datos Software del propio equipo y Office	

Fuente: Elaboración propia

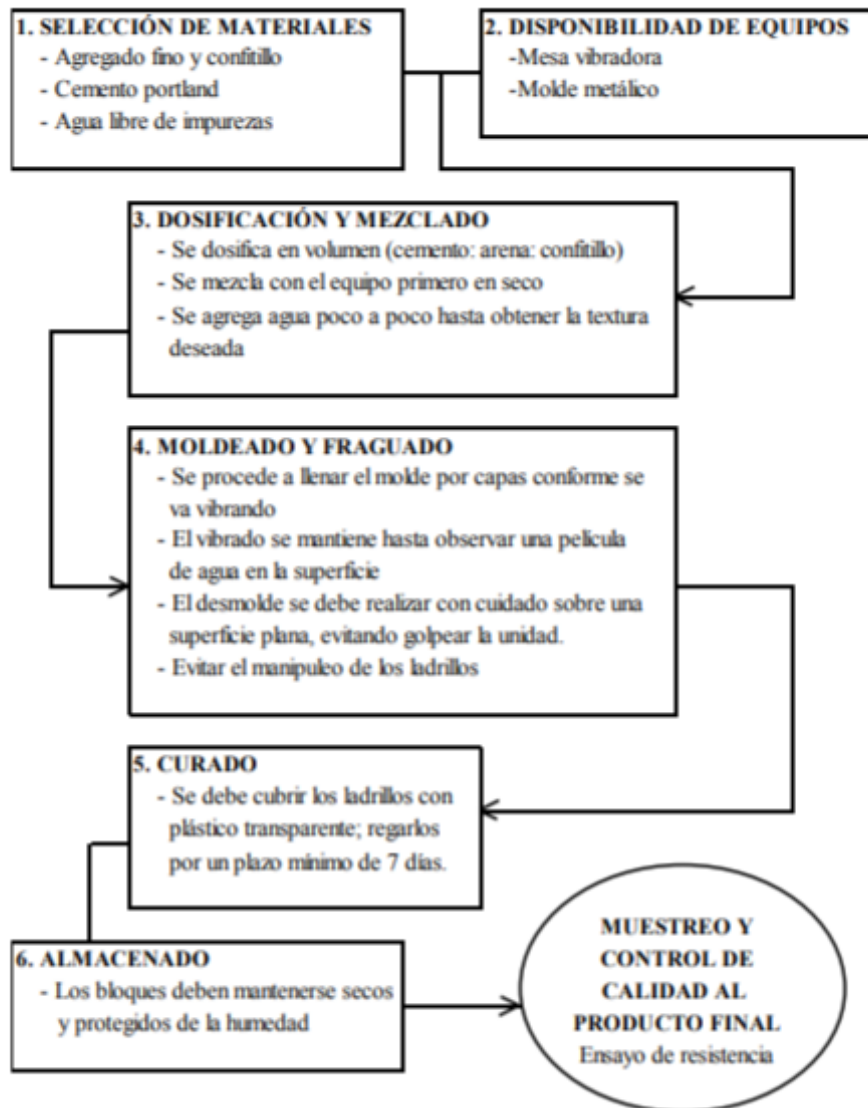
Anexo 2. Los ladrillos de PET, materia prima de la construcción, son adaptables a la geografía, al clima y a la sismología local. (Grupo Edisur)



Anexo 3. Datos técnicos: Polietileno Tereftalato

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

Anexo 4. Flujoograma de producción de ladrillo de concreto



Anexo 5. Datos del polietileno tereftalato (PET)

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

Anexo 6. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f _b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (50)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

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

Anexo 7. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería

LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal*	No	Si, hasta 2 pisos	Si
Sólido Industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si Celdas totalmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta dos pisos

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

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

Anexo 8. Ficha técnica de PET virgen

PROPIEDADES	UNIDAD	VALOR TÍPICO
Viscosidad Intrínseca	dl/g	0.783
Densidad	g/cm^3	1.33 - 1.34
Color	-	Cristal
Forma física	N/A	Hojuela (flakes)
Tamaño	cm	1.25
Origen	N/A	Botellas
Temperatura de transición vítrea	°C	69-115
Resistencia a la tracción	kgf/cm^2	55.89
Módulo de elasticidad	kgf/cm^2	599.96
Resistencia al impacto		No rompe
Valor límite de viscosidad medido en ácido dicloroacético a 25°C		1.07
Punto de fusión °C		aprox. 252/260
Acetadehído		ppm<1
Contenido en grupos carboxílicos		mval/kg 20
Densidad aparente g/cm^3 aprox.		0.85

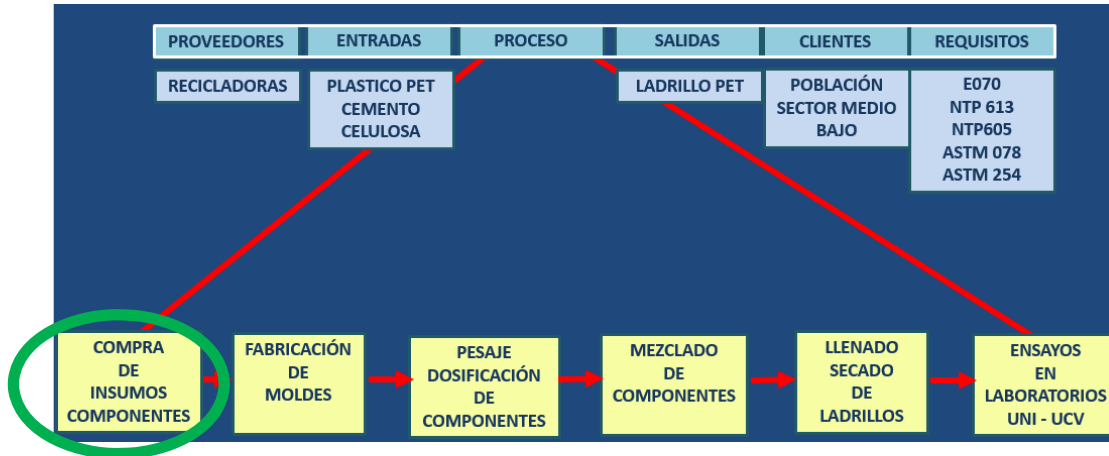
Anexo 9. Resumen de resultados de los laboratorios:

INDICADORES	Especimen	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS										PROMEDIOS		
	Unidades													
Ensayo de Conductividad	Ladrillo	M-1											Promedio	
	Coeficiente de C.T. (W/m.K)	0.52											0.52	
Ensayo de Aislamiento Acústico	Ladrillo	M-1		M-2		M-3		M-4		M-5		Promedio		
	Frecuencia (Hz) / Intensidad de ruido (dB)	125	32.72	250	47.75	500	57.4	1000	57.22	2000	66.53	775	52.3	
Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería	Ladrillo	M-1		M-2		M-3		M-4		M-5		Promedio		
	Carga Máx. (kg) / Resist. a la Compresión (Kg/cm ²)	20010	55.1	22154	57.1	16355	47.4	29104	70.8	27750	72.5	23,075	60.6	
Ensayo de Compresión Diagonal en Murete de Albañilería	Murete	M-1		M-2		M-3						Promedio		
	Carga Máxima (kg) / Compresión Diagonal (Kg/cm ²)	3540	2.9	4340	3.5	5112	4					4,331	3.5	
Ensayo de Resist. a la Compresión en Pilas de Albañilería	Pila	M-1		M-2		M-3						Promedio		
	Carga de Rotura (kg) / Resist. a la Compresión (Kg/cm ²)	3840	12.5	6600	19	3720	11.3					4,720	14.3	
Ensayo de Resistencia a la Flexión en Unidades de Albañilería	Ladrillo	M-1		M-2		M-3		M-4		M-5		Promedio		
	Carga de Rotura (kg) / Resistencia a la Flexión (Kg/cm ²)	279	8.6	302	8.4	281	7.8	220	6.8	249	7.5	266	7.8	
Ensayo de Absorción de 24 horas en Unidades de Albañilería	Ladrillo	M-1		M-2		M-3		M-4		M-5		Promedio		

PANEL FOTOGRÁFICO

PRIMERA FASE

COMPRA DE INSUMOS Y COMPONENTES: La primera fase del proyecto consistió en comprar los insumos que utilizaríamos para la elaboración de los ladrillos PET: Plástico triturado PET, Cemento, Papel y Agua, Grasa.



Fuente: Elaboración propia

Cemento.



Fuente: Elaboración propia

Plástico triturado PET: Adquirido en las empresas recicladoras de Chaclacayo y tamizado con la malla Nro. 16



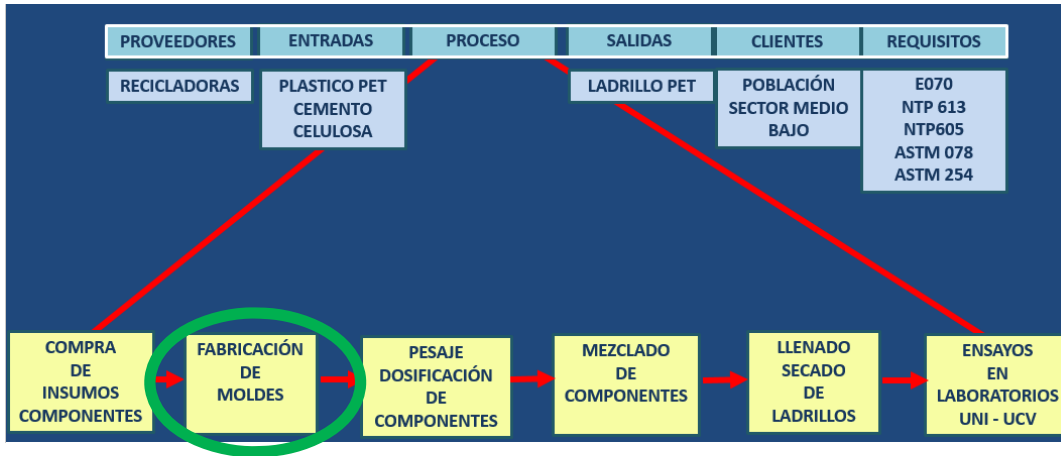
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

SEGUNDA FASE

FABRICACIÓN DE MOLDES: Se fabricación moldes de madera y se engrasaron internamente para facilitar el desmolde de los ladrillos



Elaboración de moldes de madera para 4 ladrillos.



Fuente: Elaboración propia

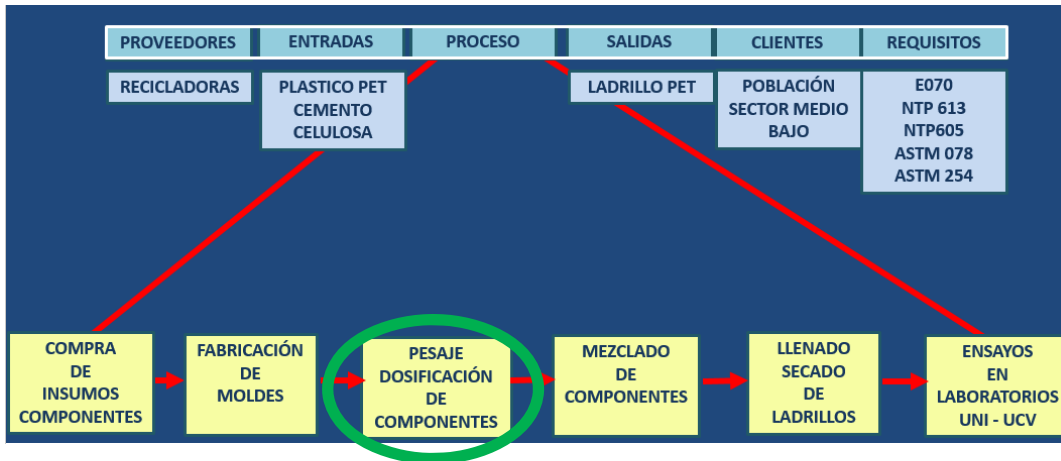
Engrasando los moldes (paredes internas).



Fuente: Elaboración propia

TERCERA FASE

PESAJE Y DOSIFICACIÓN DE COMPONENTES: En esta fase se realizó el pesaje de los insumos de acuerdo con la dosificación definida se proporcionó bolsas para 4 ladrillos.



Pesaje de cemento.



Fuente: Elaboración propia

Pesaje de Plástico triturado PET.



Fuente: Elaboración propia

Dosificación del agua.



Fuente: Elaboración propia

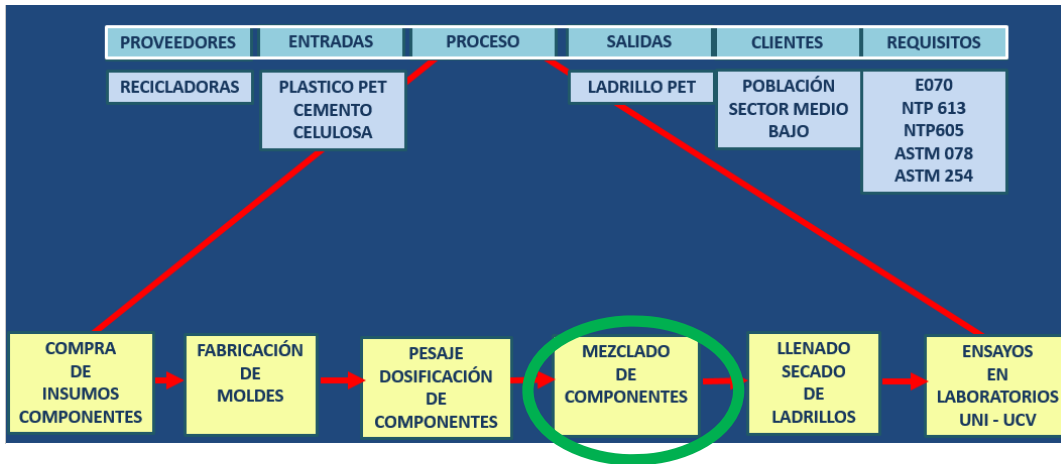
Pesaje de papel remojado.



Fuente: Elaboración propia

CUARTA FASE

MEZCLADO DE COMPONENTES: Consiste en la mezcla de todos los componentes que intervendrán en el proceso de elaboración de los ladrillos PET los cuales son: Cemento, Plástico triturado PET y Celulosa según proporciones definidas en la dosificación, el proceso de mezclado se realizó en forma manual con apoyo de una vibradora eléctrica de mano.



Iniciando la mezcla: Plástico triturado PET y Cemento.



Fuente: Elaboración propia

Mezcla Plástico triturado PET y Cemento en proceso.



Fuente: Elaboración propia

Mezcla Plástico triturado PET y Cemento en proceso.



Fuente: Elaboración propia

Mezcla: Plástico triturado PET y Cemento concluida.



Fuente: Elaboración propia

Dosificando el agua.



Fuente: Elaboración propia

Vaciado de papel remojado en el agua.



Fuente: Elaboración propia

Mezclando agua y papel remojado para obtener la celulosa.



Fuente: Elaboración propia

Vaciando la celulosa en la mezcla de Cemento y Plástico triturado PET.



Fuente: Elaboración propia

Se Inicia el mezclado de todos los componentes del ladrillo PET.



Fuente: Elaboración propia

Mezclado en proceso, se inicia con una porción pequeña de celulosa.



Fuente: Elaboración propia

Conforme se homogeniza la mezcla se agrega una mayor cantidad de celulosa.



Fuente: Elaboración propia

Uniformizando la mezcla con ayuda de vibrador eléctrico manual.



Fuente: Elaboración propia

Asegurando que la celulosa que se precipita en el fondo de recipiente se incluya y homogenice en la mezcla.



Fuente: Elaboración propia

Verificando el nivel óptimo de uniformidad de la mezcla.



Fuente: Elaboración propia

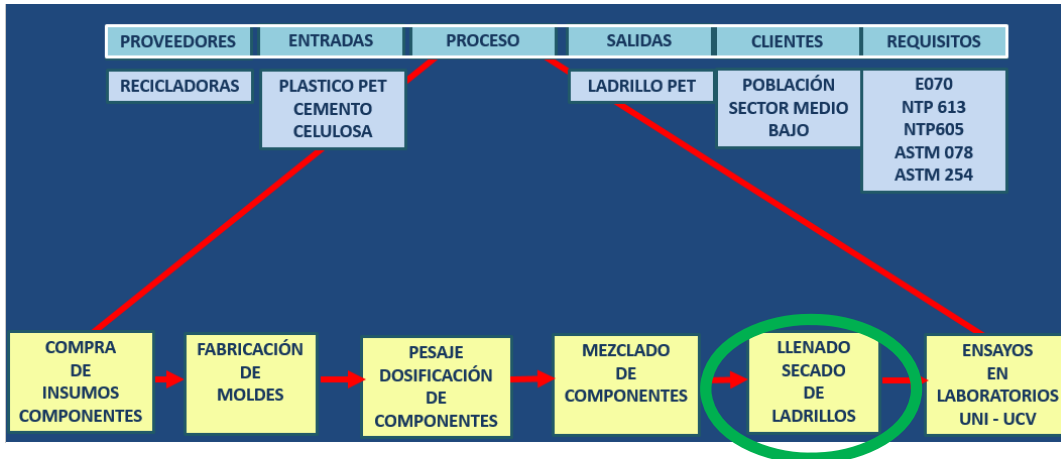
Proceso de mezclado concluido, mezcla lista para el vaciado en los moldes.



Fuente: Elaboración propia

QUINTA FASE

LLENADO Y SECADO DE LOS LADRILLOS PET consiste en el llenado de la mezcla en los moldes de madera, previamente engrasados, fraguado por 25 minutos y posterior desmolde de los ladrillos para el secado a temperatura del medio ambiente.



Engrasado de los moldes (paredes interiores) para facilitar el desmolde de los ladrillos.



Fuente: Elaboración propia

Engrasado de los moldes (paredes interiores) para facilitar el desmolde de los ladrillos.



Fuente: Elaboración propia

Inicio del vaciado de la mezcla en moldes.



Fuente: Elaboración propia

Vaciado manual con cuidado a fin de evitar desperdicios.



Fuente: Elaboración propia

Vaciado manual con cuidado a fin de evitar desperdicios.



Fuente: Elaboración propia

Utilizando herramientas para el vaciado manual (badilejo, espátulas).



Fuente: Elaboración propia

Emparejado y nivelado de la mezcla en los moldes.



Fuente: Elaboración propia

Apisonado de la mezcla para evitar vacíos en la mezcla de los ladrillos.



Fuente: Elaboración propia

Apisonado de la mezcla para evitar vacíos en la mezcla de los ladrillos.



Fuente: Elaboración propia

Asegurando apisonado de la mezcla para evitar vacíos en la mezcla de los ladrillos.



Fuente: Elaboración propia

Vaciado de mezcla en los moldes concluido, ladrillos en proceso de fragua por 25 minutos para proceder a desmolde.



Fuente: Elaboración propia

Vaciado de mezcla en los moldes concluido, ladrillos en proceso de fragua por 25 minutos para proceder a desmolde.



Fuente: Elaboración propia

Vaciado de mezcla en los moldes concluido, ladrillos en proceso de fragua por 25 minutos para proceder a desmolde.



Fuente: Elaboración propia

Inicio de desmolde después de los 25 minutos.



Fuente: Elaboración propia

Retirando el molde cuidando las esquinas para que se quede pegada la mezcla.



Fuente: Elaboración propia

Concluido el desmolde, se dejan los ladrillos para su secado al ambiente natural.



Fuente: Elaboración propia

Desmolde de ladrillos concluido.



Fuente: Elaboración propia

Desmolde de ladrillos concluido.



Fuente: Elaboración propia

Desmolde concluido, ladrillos en proceso de secado al ambiente natural.



Fuente: Elaboración propia

Población de Ladrillos PET secos, de los cuales se seleccionará las muestras para entrega a los laboratorios.



Fuente: Elaboración propia

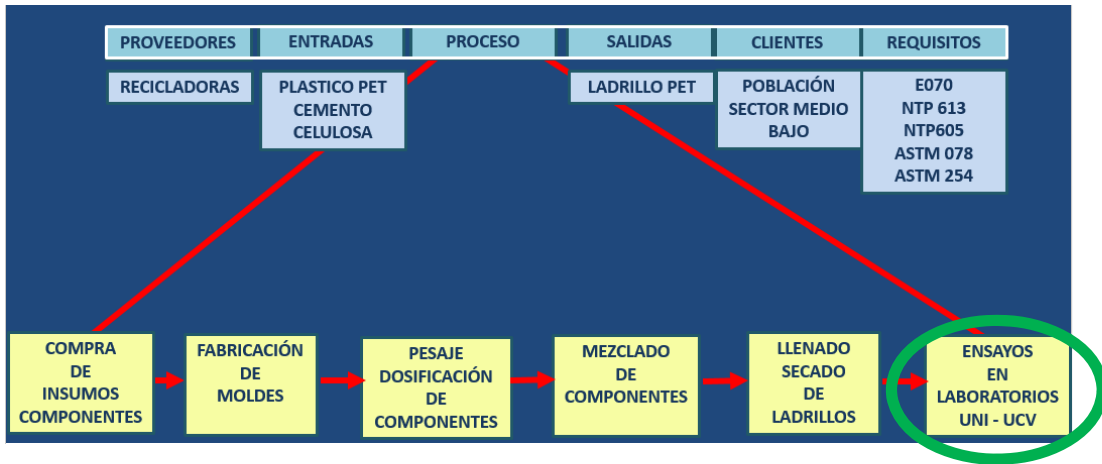
Muestras listas para entregar a los laboratorios para los ensayos, mecánicos, térmicos y acústicos.



Fuente: Elaboración propia

SEXTA FASE

ENSAYOS EN LABORATORIOS DE LA UNI Y LA UCV En fase final se procede con la de la cantidad de muestras que requiere cada laboratorio de la Universidad nacional de Ingeniería UNI (laboratorios LEM y LABICER) para cumplir con las normas y protocolos de los ensayos térmicos, acústicos y mecánicos, cuyos resultados nos servirán para sustentar los objetivos y contrastar las hipótesis planteadas en esta tesis.



Entrega de Muestras al laboratorio LABICER de la UNI donde se realizarán los ensayos acústicos y térmicos a los ladrillos PET.



Fuente: Elaboración propia

Muestras al laboratorio LABICER De la UNI para los ensayos acústicos y térmicos.



Fuente: Elaboración propia

Muestras al laboratorio LABICER De la UNI para los ensayos acústicos y térmicos.



Fuente: Elaboración propia

Entrega de Muestras al laboratorio LEM de la UNI donde se realizarán los ensayos mecánicos a los ladrillos PET.



Fuente: Elaboración propia

Muestras codificadas para la medición de tiempos y posteriores ensayos mecánicos.



Fuente: Elaboración propia

Muestras y materiales adicionales para la elaboración de los muretes y pilas de ladrillos PET para posteriores ensayos mecánicos.



Fuente: Elaboración propia

Preparación de las muestras y preparación de la máquina PROETI Uniaxial, ladrillos individuales para el ensayo de resistencia a la compresión.



Fuente: Elaboración propia

Preparación de las muestras (muretes y pilas) en preparación para los ensayos a la compresión y corte diagonal a los muretes de la máquina PROETI Uniaxial



Fuente: Elaboración propia

Preparación de las muestras (muretes y pilas) en preparación para los ensayos a la compresión y corte diagonal a los muretes de la máquina PROETI Uniaxial



Fuente: Elaboración propia

Ensayos de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería

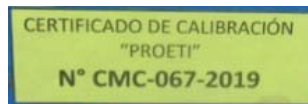


Fuente: Elaboración propia

Máquina



calibración



Fuente: Elaboración propia

Colocación de las unidades para el ensayo.



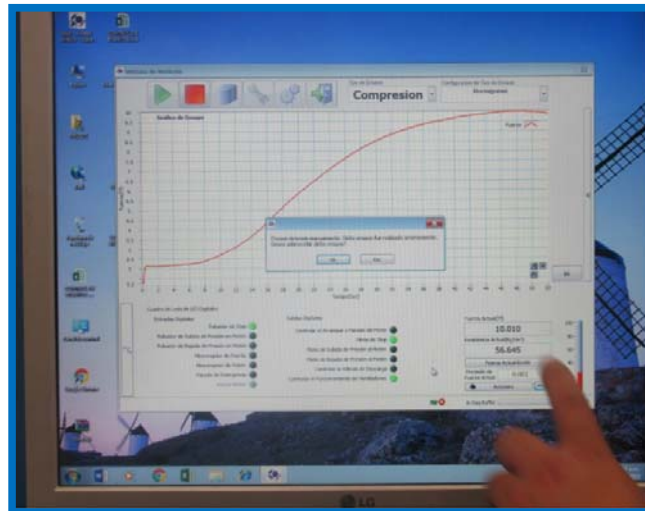
Fuente: Elaboración propia

Colocación de las unidades para el ensayo.

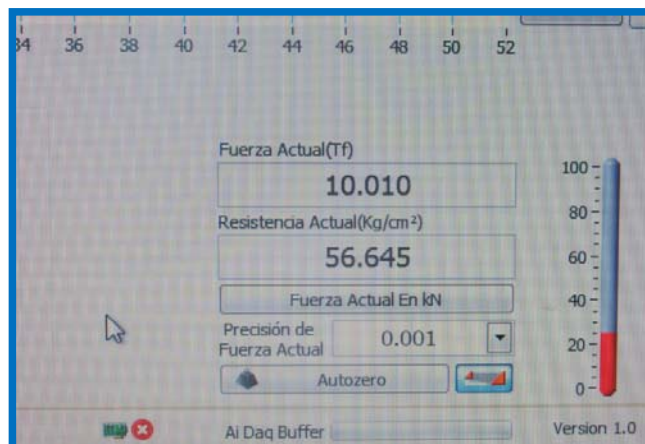


Fuente: Elaboración propia

Ensayo a la muestra 1 Resistencia a la compresión 10,010 Kg/Cm²

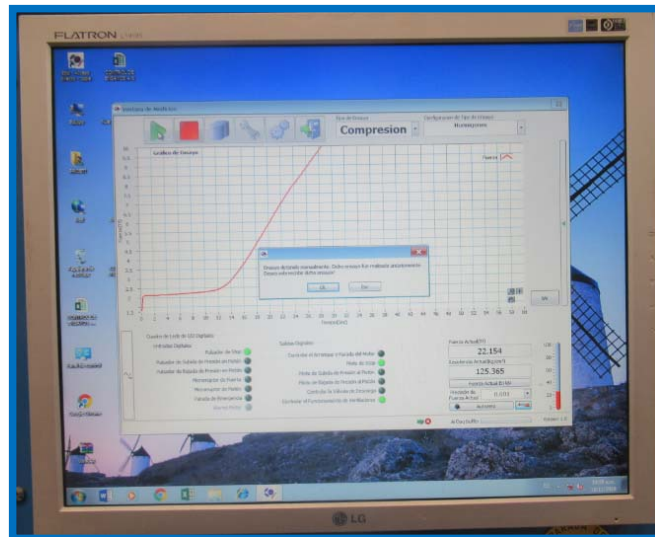


Fuente: Elaboración propia

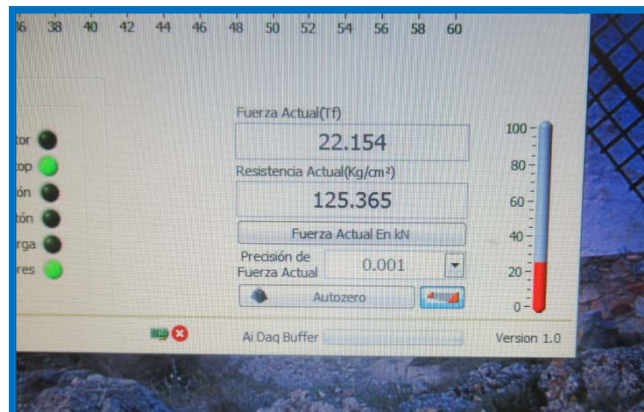


Fuente: Elaboración propia

Ensayo a la muestra 2 Resistencia a la compresión $22,154 \text{ Kg./Cm}^2$

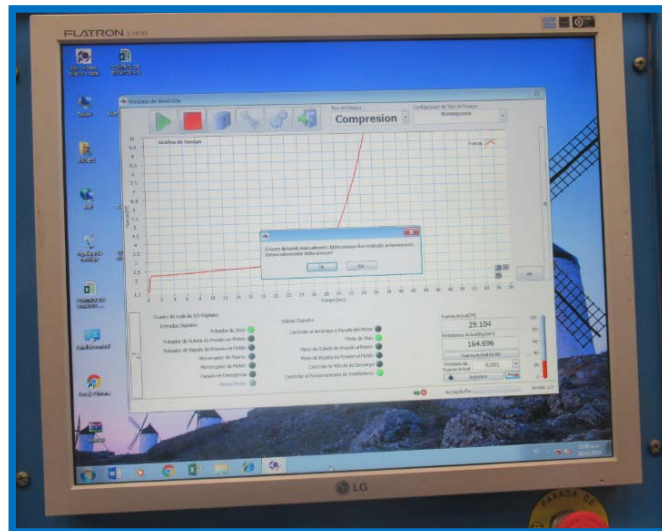


Fuente: Elaboración propia

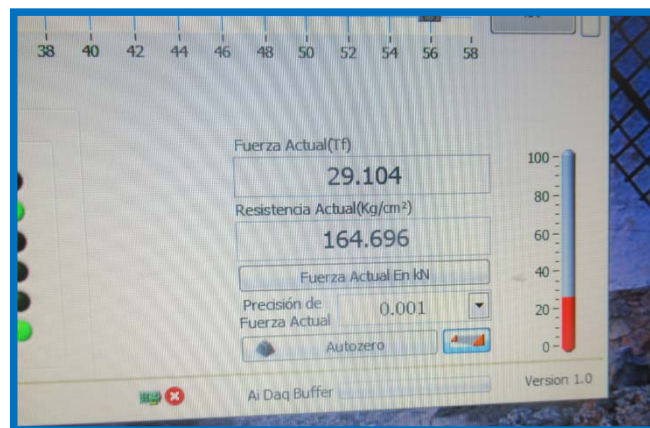


Fuente: Elaboración propia

Ensayo a la muestra 3 Resistencia a la compresión 29,104 Kg./Cm²



Fuente: Elaboración propia



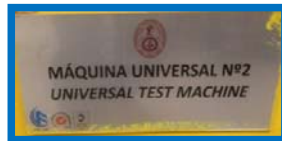
Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Albañilería



Fuente: Elaboración propia

Máquina



Calibración



Fuente: Elaboración propia

Proceso de izado y colocación de los muretes para el ensayo.



Fuente: Elaboración propia

Proceso de izado y colocación de los muretes para el ensayo.



Fuente: Elaboración propia

Proceso de izado y colocación de los muretes para el ensayo.



Fuente: Elaboración propia

Murete listo para el ensayo.



Fuente: Elaboración propia

Mediciones del Murete antes del Ensayo.



Fuente: Elaboración propia

Mediciones del Murete antes del Ensayo.



Fuente: Elaboración propia

Ensayo Murete 1



3,540 kg

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Falla



Fuente: Elaboración propia

Prueba 2: Murete 2



4,340 kg

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Falla



Fuente: Elaboración propia

Prueba 3: Murete 3



5,112 kg

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Falla



Fuente: Elaboración propia

Muretes destruidos.



Fuente: Elaboración propia

Retiro de escombros.



Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Resistencia a la Compresión en Pilas de Unidades de Albañilería

Muestras para el ensayo.



Fuente: Elaboración propia

Colocación de muestras en máquina.



Fuente: Elaboración propia

Mediciones a las pilas previas a cada ensayo.



Fuente: Elaboración propia

Mediciones a las pilas previas a cada ensayo.



Fuente: Elaboración propia

Prueba 1. Pila 1



3,840 kg

Fuente: Elaboración propia

Tipo de falla



Fuente: Elaboración propia

Prueba 2: Pila 2



6,600 kg

Fuente: Elaboración propia

Tipo de falla



Fuente: Elaboración propia

Prueba 3



3,720 kg

Fuente: Elaboración propia

Tipo de falla



Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Resistencia a la Compresión en Unidades de Albañilería – UCV



Máquina Forney FS250 para los ensayos de Compresión.



Fuente: Elaboración propia

Pesaje de las 3 muestras (Ladrillos PET) peso promedio 3.351.33 Kg.



3,228 kg



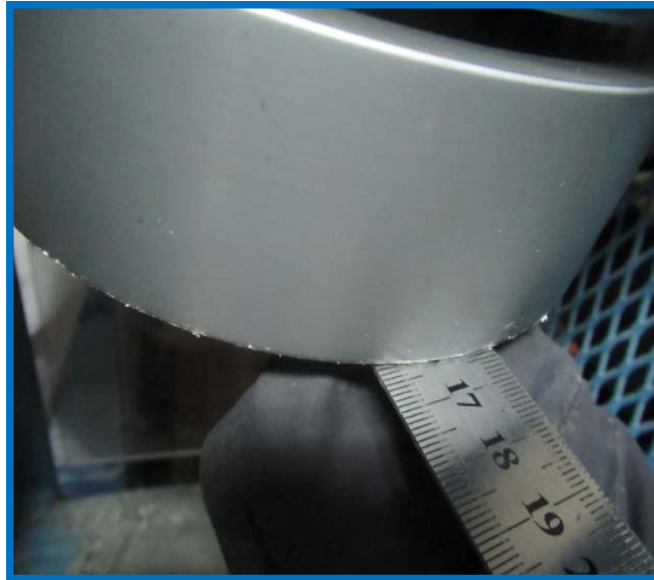
3,296 kg



3,530 kg

Fuente: Elaboración propia

Mediciones previas para determinar la resistencia a la compresión.



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Presentación de las muestras para los ensayos.

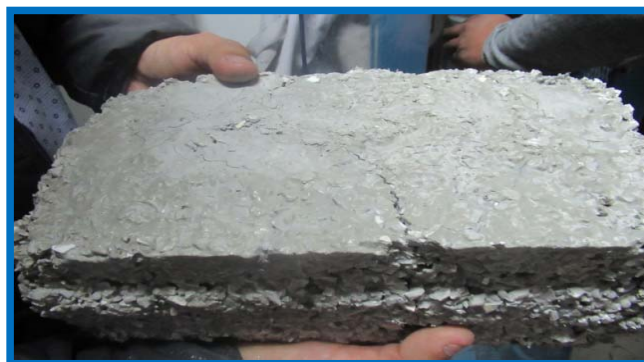


Fuente: Elaboración propia



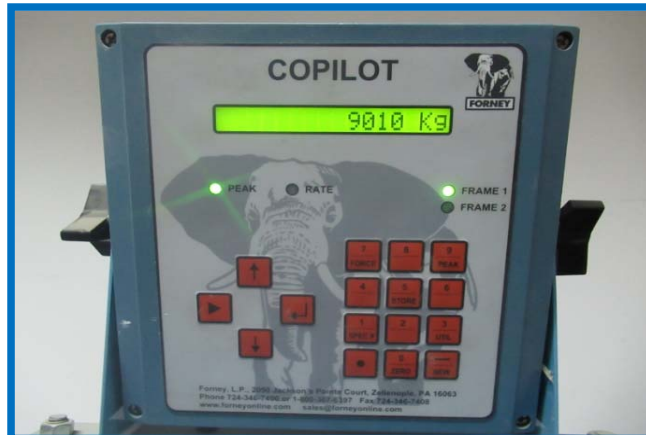
Fuente: Elaboración propia

Prueba a la muestra 1 Resistencia a la compresión 8,765 Kg.



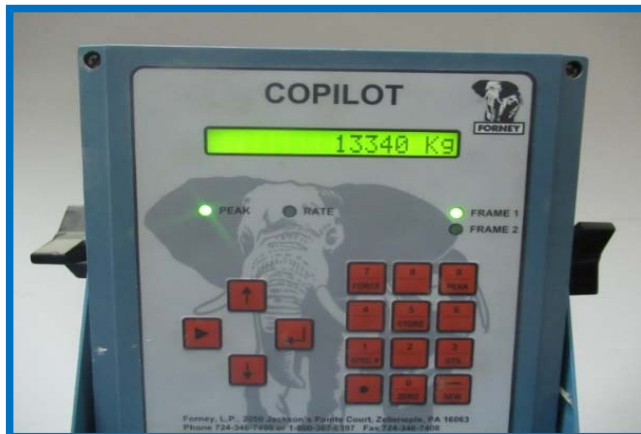
Fuente: Elaboración propia

Prueba a la muestra 2 Resistencia a la compresión 9,010 Kg.



Fuente: Elaboración propia

Prueba a la muestra 3 Resistencia a la compresión 13,340 Kg



Fuente: Elaboración propia

1. Las tres muestras sometidas a los ensayos de resistencia compresión.



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia