



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACÁDEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Efecto de la fibra de plástico reciclado (PET) sobre la resistencia a compresión y absorción del ladrillo de concreto, Trujillo-2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTORES:

Montero Pretell, Jorge Alonso (ORCID: 0000-0002-4480-3900)

Salinas Marcos, Anyelo Eduardo (ORCID: 0000-0001-6515-7277)

ASESORES:

Dr. Valdivieso Velarde, Alan Yordan (ORCID: 0000-0002-8179-2809)

Mg. Farfán Córdova, Marlon Gastón (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico Estructural

Trujillo-Perú

2020

DEDICATORIA

JORGE ALONSO MONTERO PRETELL

A mi madre Agripina Pretell Carajulca y a mi padre Jorge Luis Montero Saldaña por su apoyo incondicional, por sus consejos y por sus palabras de aliento en los momentos adversos. A mis hermanos: Cindy, Jorge, Katherine y Junior por haber estado conmigo apoyándome en este largo camino, por siempre estar predispuestos a brindarme su apoyo para salir adelante.

ANYELO EDUARDO SALINAS MARCOS

A mi madre MERCEDES MARCOS VASQUEZ, por estar siempre presente en los momentos difíciles y apoyarme durante toda mi etapa de estudios, y haber demostrado todo lo que ha luchado y sacrificado por mí, para verme convertido en un profesional.

A mi Padre ANGEL SALINAS ALAYO, por el trabajo constante que ha tenido que realizar a lo largo de los años de mi etapa universitaria para darme lo mejor y apoyarme en mis estudios.

Y en especial a mis hermanos por el apoyo constante, los buenos deseos y consejos que he recibido por parte de ellos para continuar con mis estudios y ser una excelente persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecemos a Dios por mantenernos con buena salud y por permitirnos compartir gratos momentos dentro y fuera de la universidad. Agradecemos a esta increíble institución la Universidad Cesar Vallejo y a las personas que fueron partícipes de este proceso, como a nuestros maestros que nos dieron grandes enseñanzas y aportes que nos servirán en nuestra vida profesional, y a nuestros amigos, futuros colegas que estuvieron siempre apoyándonos durante el transcurso de la carrera.

Agradecemos a nuestros padres por el apoyo incondicional y el gran sacrificio que hicieron por vernos convertidos en profesionales, este logro se lo debemos a ellos.

Y un agradecimiento especial para nuestros asesores, el ingeniero Alan Yordan Valdivieso Velarde y el Mg. Marlon Gastón Farfán Córdova por el apoyo y valiosa orientación que nos dieron en el desarrollo de nuestra investigación.

A todos ustedes, nuestra infinita gratitud...

PÁGINA DEL JURADO

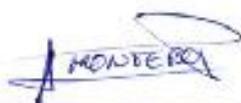
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros: Jorge Alonso Montero Pretell de nacionalidad peruana con documento de identidad N° 76522935, estudiante de la Universidad César Vallejo, natural del departamento de La Libertad de la Provincia de Trujillo del distrito de La Esperanza y Anyelo Eduardo Salinas Marcos de nacionalidad peruana con documento de identidad N° 77575420, estudiante de la Universidad César Vallejo, natural del departamento de La Libertad de la Provincia de Trujillo del distrito de El Porvenir.

Declaramos bajo juramento que:

Todos los datos e información presentada en esta tesis son auténticos y veraces.

Nos afirmamos y nos ratificamos en lo expresado, en señal de lo cual firmamos el presente documento en la ciudad de Trujillo, en el mes de Enero del año 2020.



FIRMA

DNI: 76522935



FIRMA

DNI: 77575420

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
ÍNDICE.....	vi
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	25
2.1. Tipo y diseño de investigación	25
2.2. Operacionalización de variables	25
2.3. Población, muestra y muestreo	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:	28
2.4.3. Validez y Confiabilidad:.....	29
2.5. Procedimiento	29
2.6. Método de análisis de datos	29
2.7. Aspectos éticos.....	30
III. RESULTADOS	31
3.1. Características geométricas del ladrillo	31
3.2. Ensayo de los materiales	32
3.2.1. Análisis granulométrico.....	32

3.2.2.	Módulo de fineza	33
3.2.3.	Contenido de humedad	34
3.2.4.	Peso unitario y % de vacíos del agregado	35
3.2.5.	Peso específico y absorción del agregado	37
3.3.	Diseño de mezcla del ladrillo de concreto con fibra de PET	37
3.3.1.	Cantidad de fibra de PET para ladrillo de concreto.....	37
3.3.2.	Dosificación.....	40
3.3.3.	Curado y secado del ladrillo de concreto con fibra de PET	45
3.4.	Resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto con fibra de PET	47
3.5.	Absorción de los Ladrillos de Concreto con Fibra de PET.	49
3.6.	Ensayos Complementarios del Ladrillo de concreto con Fibra de PET	51
3.6.1.	Variabilidad Dimensional del Ladrillo de Concreto con Fibra de PET	51
3.6.2.	Alabeo del Ladrillo de Concreto con Fibra de PET	54
3.6.3.	Eflorescencia del Ladrillo de Concreto con Fibra de PET	56
3.6.4.	Peso del Ladrillo de Concreto con Fibra de PET.	57
3.7.	Análisis de Precios del Ladrillo de Concreto con Fibra de PET.....	59
3.8.	Verificación de la Hipótesis del Proyecto.....	62
IV.	DISCUSIÓN	63
V.	CONCLUSIONES	66
VI.	RECOMENDACIONES	68
	REFERENCIAS.....	69
	ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Densidad del PET según su estado.	7
Cuadro 2. Requisitos de resistencia y absorción	15
Cuadro 3. Clase de unidad de albañilería para fines Estructurales.....	21
Cuadro 4. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales	22
Cuadro 5. Matriz de Operacionalización de Variables.....	26
Cuadro 6. Población y muestra.....	28
Cuadro 7. Características Físicas de la Fibra de PET reciclada	31
Cuadro 8. Análisis granulométrico del agregado.	32
Cuadro 9. Contenido de Humedad del agregado	34
Cuadro 10. Peso unitario y % de vacíos del agregado por método suelto.....	35
Cuadro 11. Peso unitario y % de vacíos del agregado por método compactado por apisonado.....	36
Cuadro 12. Peso Específico y absorción del agregado	37
Cuadro 13. Porcentaje de Desperdicio	38
Cuadro 14. Características Técnicas de los Bloques y Ladrillos de Cemento Pacasmayo.	40
Cuadro 15. Proporciones usualmente Utilizados en construcciones – Cantidad de materiales por m ³ de concreto.....	41
Cuadro 16. Proporción seleccionada para la elaboración del ladrillo de concreto con fibra de PET.	41
Cuadro 17. Cantidad de Material para la elaboración de ladrillos con 0% de fibra de PET.	42
Cuadro 18. Cantidad de Material para la elaboración de ladrillos con 5% de fibra de PET.	42
Cuadro 19. Cantidad de Material para la elaboración de ladrillos con 10% de fibra de PET.	43
Cuadro 20. Cantidad de Material para la elaboración de ladrillos con 15% de fibra de PET.	44
Cuadro 21. Material Total para la elaboración de 64 ladrillos entre 0%, 5%. 10% y 15% Fibra de PET.....	44
Cuadro 22. Ensayo de Resistencia a Compresión – NTP 399.601 y NTP 399.604	47
Cuadro 23. Ensayo de Absorción – NTP 399.601 y NTP 399.604	49
Cuadro 24. Ensayo de Variabilidad Dimensional – NTP 399.613.....	51

Cuadro 25. Ensayo de Alabeo – NTP 399.613.....	54
Cuadro 26. Ensayo de Eflorescencia – NTP 399.613.....	56
Cuadro 27. Ensayo de Peso – NTP 399.613.....	57
Cuadro 28. Precio por millar de Ladrillos con 0% de Fibra de PET.....	59
Cuadro 29. Precio por millar de Ladrillos con 5% de fibra de PET.....	59
Cuadro 30. Precio por millar de ladrillos con 10% de Fibra de PET.....	60
Cuadro 31. Precio por millar de ladrillos con 15% de Fibra de PET.....	60
Cuadro 32. Precios por grupo de Estudio del Ladrillo de Concreto con fibra de PET.....	61
Cuadro 33. Clasificación de los ladrillos de concreto con fibra de PET según NTE. E.070 y NTP 399.601.....	62
Cuadro 34. Ficha Técnica: Ladrillos de Concreto con Fibra de PET reciclado.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características Geométricas del ladrillo de concreto con fibra de PET.....	32
Figura 2. Curva granulométrica del agregado	33
Figura 3. Curado y secado del Ladrillo de concreto con 0% y 5% de fibra de PET.	45
Figura 4. Curado y secado del Ladrillo de concreto con 10% y 15% de fibra de PET.	46
Figura 5. Valores Promedio de Resistencia a Compresión de los ladrillos por grupo.	48
Figura 6. Valores promedio de absorción de los ladrillos de concreto con fibra de PET por grupo de estudio.....	50
Figura 7. Valores promedio de Variabilidad dimensional de los ladrillos de concreto con fibra de PET por grupo de estudio.....	52
Figura 8. Valores de Coeficiente de Variación de los ladrillos de concreto con fibra de PET por grupo de estudio, de acuerdo a NTP 399.601.	53
Figura 9. Valores de alabeo promedio de los ladrillos de concreto con fibra de PET, por grupo de estudio, de acuerdo a NTE E070.	55
Figura 10. Valores de Peso promedio de los ladrillos de concreto con fibra de PET, por grupo de estudio.....	58
Figura 11. Precios por grupo de estudio del ladrillo de concreto con fibra de PET.....	61

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de la fibra de plástico reciclado PET en la resistencia a la compresión y absorción del ladrillo de concreto, bajo los requisitos que pide la norma técnica peruana 399.601 y la norma técnica de edificaciones E.070, Para el estudio de esta investigación se usó el tipo explicativo con diseño experimental, la población elegida fue la mezcla utilizada en los ladrillos de concreto, trabajando con una muestra de 16 ladrillos de 07 días de curado y 28 días de secado con porcentajes entre 0%, 5%, 10% y 15% de agregado de fibra de PET teniendo un total de 64 ladrillos, de los que se dividió en 16 para ensayo de resistencia a compresión, 16 para ensayo de absorción y 32 para ensayos complementarios. Para la obtención y recolección de datos usamos la prensa de rotura de ladrillos y fichas técnicas. El diseño de mezcla que se usó, fue para una resistencia de 175kg/cm² con una dosificación de 1:2.5:2.5. Los resultados de resistencia a compresión fueron $f'_b = 144.02$ kg/cm², $f'_b = 155.11$ kg/cm², $f'_b = 161.76$ kg/cm² y $f'_b = 168.38$ kg/cm² para cada grupo con 0%, 5%, 10% y 15% fibra de PET respectivamente y los resultados de los ensayos de absorción fueron 5.26 %, 4.46%, 3.60% y 3.20% para cada grupo con 0%, 5%, 10% y 15% fibra de PET respectivamente.

Se concluyó que la adición de fibra de PET aumenta la resistencia a compresión y absorción de los ladrillos de concreto, además cumplen con los requerimientos exigidos según la NTE. E070 y NTP 399.601, clasificándolos en clase IV según NTE. E.070 y en Tipo 14 según NTP. 399.601.

Palabras Clave: Ladrillo de concreto, fibra de PET, resistencia a compresión, absorción

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the effect of PET recycled plastic fiber on the resistance to compression and absorption of concrete brick, under the requirements of the Peruvian technical standard 399.601 and the technical standard of buildings E.070, for the study of this research the explanatory type with experimental design was used, the chosen population was the mixture used in the concrete bricks, working with a sample of 16 bricks of 7 days of curing and 28 days of drying with percentages between 0% , 5%, 10% and 15% of aggregate of PET fiber having a total of 64 bricks, of which it was divided into 16 for compression resistance test, 16 for absorption test and 32 for complementary tests. To obtain and collect data we use the brick break press and technical sheets. The mix design that was used was for a resistance of 175kg / cm² with a dosage of 1: 2.5: 2.5. The results of resistance to compression were $f'_b = 144.02 \text{ kg / cm}^2$, $f'_b = 155.11 \text{ kg / cm}^2$, $f'_b = 161.76 \text{ kg / cm}^2$ and $f'_b = 168.38 \text{ kg / cm}^2$ for each group with 0%, 5 %, 10% and 15% PET fiber respectively and the results of the absorption tests were 5.26%, 4.46%, 3.60% and 3.20% for each group with 0%, 5%, 10% and 15% PET fiber respectively .

It was concluded that the addition of PET fiber increases the resistance to compression and absorption of concrete bricks, also meet the requirements required by the NTE. E070 and NTP 399.601, classifying them in class IV according to NTE. E.070 and in Type 14 according to NTP. 399,601.

Keywords: Concrete brick, PET fiber, compression resistance, absorption

I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

La reutilización del plástico en la elaboración de los materiales de construcción, en la actualidad ha venido tomando fuerza, pues se muestra mayor interés de las personas por reducir la contaminación que el plástico genera en su descomposición (SEGAT, 2018). Se han venido proponiendo ideas que dan al plástico como un material alternativo para la construcción con la finalidad de reducir el impacto ambiental que este genera. Arteaga (2017) buscó materiales propios de su localidad (Querétaro, México) que sean auto sustentable y que se puedan reciclar como es el caso del Polietilen-Tereftalato, que además de ser un material reciclable y abundante en la localidad posee características que se adecuan para ser utilizadas como materiales de construcción. Asimismo destacó que los morteros reforzados con fibras de plástico reciclado, ofrecen una mayor resistencia a la compresión y a su vez el PET aportaba rigidez al elemento a construir.

En Lima y Callao se desechan alrededor de 430 toneladas de botellas de bebidas de plástico PET al día. Mientras que tan solo se recicla 1,200 toneladas de lo que se produce al mes, (Diario Perú21). Si bien el porcentaje que solo se logra reciclar es menor al 10% del porcentaje desechado, estas cifras se pueden reducir empleando el PET como un material alternativo para la construcción, de esta forma se disminuiría la contaminación ejercida por el PET en la naturaleza. Y a la vez se estaría produciendo un material amigable para la naturaleza y para la economía de las personas que no dispongan de muchos recursos, pues al reutilizar el PET en materiales de construcción se generaría una reducción considerable en la construcción de las viviendas.

En Trujillo, el SEGAT (2015) informa que acopia 314 toneladas de residuos reciclables, cifra que es muy alta, haciendo significativo el impacto ambiental que estos residuos están generando. A su vez esta situación debe de ser aprovechada y hacer frente al problema buscando alternativas que den solución a este problema, como lo es la reutilización del plástico PET en la elaboración de materiales de construcción que descontaminen la ciudad y aporten al desarrollo sostenible de la misma.

A continuación citaremos algunos trabajos previos a este proyecto de investigación:

Maure et al (2018), realizaron una investigación denominada “Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas” con el objetivo de desarrollar un procedimiento para la fabricación de los ladrillos, basados en las características que obtuvieron a través de ensayos de laboratorio que les permitieron conocer las propiedades físicas que ofrecen el Polietileno – Tereftalato (PET) y las virutas metálicas, en la elaboración de los ladrillos y compararlos con las propiedades físicas de los ladrillos tradicionales. La metodología utilizada fue de carácter experimental y comparativo, porque las muestras iban a ser ensayadas en laboratorio y a través de los resultados hacer la comparación con respecto a los ladrillos comunes. Los resultados que se obtuvieron fueron que, la máxima resistencia a compresión de los ladrillos hechos con PET y virutas metálicas fue de 68.20 kgf/cm², mientras que el ladrillo tradicional alcanzó una resistencia de 56.20 kgf/cm², con lo que pudieron concluir que el material elaborado (ladrillos hechos de PET y virutas metálicas) respondía adecuadamente a las cargas de compresión superando la resistencia del ladrillo convencional (56.20 kgf/cm²).

Quevedo (2018), realizó la investigación titulada “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” en el cual tuvo como objetivos determinar la influencia del plástico reciclado PET en unidades de albañilería y analizar sus características técnicas-económicas en viviendas construidas con las mismas, el estudio se realizó en 142 ladrillos para la construcción de muros de albañilería en la zona de expansión del distrito de Nuevo Chimbote, Ancash. Los resultados muestran que las propiedades de densidad y resistencia a la compresión de la unidad de albañilería tipo PET, cumplen con las Normas del Instituto Nacional de Investigación Tecnológica y Normas Técnicas (ITINTEC), con valores de 15.74 kg/cm² , 42 kg/cm² y 5 kg/cm² respectivamente. Concluyó que las unidades de albañilería PET cumplen con las exigencias de acuerdo a las normas E.030. Sismo resistente y E.070. Albañilería, brindando un correcto comportamiento estructural y sísmico en el caso se requiera de la construcción con este tipo de ladrillos ecológicos.

Echeverría (2017), realizó una investigación denominada “Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado” en donde tuvo como objetivos determinar las propiedades físico mecánicas de ladrillo de concreto con plástico PET y hacer una comparación con lo considerado en la norma técnica E. 070 – albañilería. Se siguió la metodología científica, ya que esta investigación se basó en la medición de ensayos, los cuales estuvieron sujetos a pruebas de laboratorio, los resultados que muestran los ladrillos de concreto realizados con 3%, 6% y 9% de PET, en cuanto a succión y absorción aumentan a medida que se va incrementando el porcentaje de PET en la mezcla, La resistencia a compresión de los ladrillos de concreto con distintos porcentaje de PET fueron $f^b = 127.08 \text{ kg/cm}^2$, $f^b = 118.80$ y $f^b = 110.46 \text{ kg/cm}^2$ para porcentajes de 3%, 6% y 9%, presentando una disminución máxima de la resistencia a compresión de 51.5 kg/cm^2 (31.8%), respecto del ladrillo sin el agregado de PET (0% PET) $f^b = 161.96 \text{ kg/cm}^2$. Concluyó que los ladrillos elaborados de PET cumplen con la mayoría de sus principales características, pero no le dan suficiente resistencia a la compresión y pueden ser usados para muros no portantes.

Caballero y Flórez (2016), realizaron la tesis “Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico Polietilen – Tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción” con el objetivo de comprobar, si los bloques de concreto hechos con diferentes proporciones de triturado de Polietilen – Tereftalato (PET), son una alternativa para ser usados en la construcción. La investigación que realizaron fue de carácter mixto, donde abarcaron un ámbito descriptivo y otro experimental. Obtuvieron como resultado que los bloques de concreto no cumplían con la resistencia mínima (50 kgf/cm^2) para usarse como muros estructurales (portantes), ya que la máxima resistencia que obtuvieron con la participación del PET en un 12.5% fue de 35.3 kgf/cm^2 . Pero estos sí podrían utilizarse en la elaboración de tabiques no portantes. Concluyeron que, los bloques que fabricaron no cumplieron con la resistencia mínima establecida por las NTC debido a que los valores que obtuvieron fueron inferiores los 5 MPa (50 kgf/cm^2) que establecen sus normas, por ende los bloques pueden ser utilizados en la elaboración de muros no portantes, que sirvan para dividir ambientes en el interior de una vivienda.

Reyna (2016), realizó la investigación denominada “Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo” donde tuvo como objetivo determinar el efecto de los residuos de plástico reciclado (PET), papel y bagazo de caña de azúcar para la elaboración de concreto ecológico para construir viviendas de bajo costo. Los resultados mostraron que de los tres residuos agregados al concreto, la resistencia a la compresión, el plástico PET obtuvo un resultado de 459.26 kg/cm² para el concreto contenido con este residuo, considerando al 5% en peso como la resistencia más óptima. La tendencia que se pudo observar en esta investigación es que la resistencia a la compresión del concreto conteniendo los residuos disminuye conforme se aumenta el % en peso de los residuos, se puede decir que la mejor resistencia a la compresión la dió el plástico PET seguido del bagazo de caña de azúcar. Concluyó que el Plástico reciclado PET le brinda mejores atributos al concreto en comparación con los demás residuos, ya que el PET tiene una elevada resistencia a la tracción, elevado límite elástico y entre otras propiedades.

Zavala (2015), realizó una investigación denominada “Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando el plástico reciclado”, en la cual tuvo como objetivo de realizar ensayos que permitan conocer las propiedades mecánicas del Polietilén – Tereftalato para que así pueda ser reutilizado en diferentes materiales de construcción, la investigación fue de carácter experimental porque se realizaron ensayos en laboratorio que determinaron las características físicas del PET como material empleado en la elaboración de materiales de construcción, tras realizar los ensayos correspondientes a los materiales obtuvo como resultado que la mezcla cemento – PET con proporción 01-0.50, alcanza una resistencia a la compresión de 62.66 kg/cm² a los 28 días superando las características físicas mínimas requeridas (50 kgf/cm²) para elaborar materiales arquitectónicos en la construcción. Asimismo Zavala concluye que, el PET es un elemento con el que se puede contar en la fabricación de materiales de construcción, debido que este brinda al nuevo material características similares a las de los materiales tradicionales.

Martínez y Cote (2014), realizaron un trabajo de investigación denominada “Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET”, con el objetivo de diseñar

un ladrillo eco sostenible que sea una alternativa para la construcción de viviendas de albañilería. La metodología utilizada fue de carácter experimental, pues analizaron a través de ensayos en laboratorio las características mecánicas que proporciona el PET al ladrillo. Los resultados que obtuvieron reflejaron que, los ladrillos que se fabricaron con proporciones iguales en cemento y PET (50% - 50%), ofrecieron una resistencia mayor (57.6 kgf/cm²) que los comúnmente son utilizados en las construcciones (50 kgf/cm²). Con lo que concluyeron que el ladrillo fabricado con plástico reciclado ofrece las mismas propiedades mecánicas que el ladrillo que se utiliza normalmente en la construcción, pudiendo competir en el actual mercado, además infirieron que al reutilizar el plástico reciclado en la elaboración de estos ladrillos, se estaría reduciendo el impacto ambiental de la fabricación de estos.

Paz (2014), realizó la investigación denominada “Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado” en la que tuvo como objetivo analizar las propiedades físico y mecánicas del ladrillo de plástico reciclado. Se analizó los ladrillos con agregado de plástico reciclado PET, los resultados mostraron que el ladrillo con plástico reciclado arrojó un promedio de 0.29% de absorción, estando por debajo de lo establecido en la NTP (5 a 13%), además el ladrillo presentó alta resistencia a la rotura, por otro lado el ladrillo de concreto con PET presentó un alto nivel a la resistencia a la compresión en la que se obtuvo 212.6 kgf/cm² en comparación con la NTP que es de 200 kgf/cm². Concluyó que el ladrillo de plástico reciclado contiene un bajo porcentaje de absorción de agua en promedio de 0,29%, al ser sometido a fuerzas de flexión, el ladrillo se rompe a un ángulo de 45° aproximadamente, tolerando una presión promedio de 831.312,88Pa, haciéndolo un ladrillo altamente resistente a la rotura, el ladrillo de plástico reciclado tiene un alto grado de resistencia a la compresión horizontal de 212,6 Kgf/cm², pudiendo decir que cumple con los establecido por la NTP.

Teorías relacionadas al tema:

Conceptos preliminares

Polietilen-Tereftalato (PET):

El polietilen – tereftalato es un derivado del petróleo en forma de resina plástica, es cual es perteneciente a la familia de materiales sintéticos, denominados como Poliester (MaxiPET 2007, párr. 1). El PET en sus inicios fue diseñado para la elaboración de fibras textiles debido a que este es un termoplástico lineal. Debido a su excelente capacidad para retener gases y su óptima capacidad para ser translucido como el vidrio, el PET en la actualidad es la resina más utilizada en la fabricación de bebidas carbonatadas (Textos Científicos 2005).

En el anexo 1 (figura 12) se muestra el Polietilen-Tereftalato en su forma de envase según Industrias PET 2018.

En el año 1941, durante la segunda guerra mundial, el PET fue descubierto por los científicos ingleses Dickson y Whinfield, quienes tenían la necesidad de encontrar un reemplazante para el algodón que se importaba desde Egipto. Recién desde 1952 se empezó a usar comercialmente el PET en forma de fibra y hasta la fecha su utilización ha sido continuo hasta la actualidad (Tecnología de los Plásticos 2011).

Composición del PET

Al hablar de la composición del polietilen tereftalato (PET) se tiende a destacar dos fases, la composición química y la composición física. La composición química hace referencia a la elaboración de la molécula individual, mientras que la composición física se refiere a como se ordenan las moléculas con referencia a otras (Beltrán 2012). En el anexo 2 (figura 13) podemos observar la composición química del Polietilen Tereftalato (PET).

El PET forma parte de la familia polímeros, el Polietilen tereftalato está compuesto por grandes moléculas (macromoléculas) que se encuentran formadas por la unión continua de una o varias moléculas a través de enlaces covalentes. Monómeros se denominan la combinación de las pequeñas moléculas para obtener los polímeros (Beltrán, 2012).

Propiedades del PET

Entre las principales propiedades del PET podemos encontrar las siguientes:

Densidad

Se define por densidad al porcentaje de materia que contienen los elementos polímeros por unidad de volumen. La densidad es determinante en la economía de la aplicación de un plástico sobre otro. Es decir una empresa que se dedica a elaborar productos de plásticos reciclados, compra kilogramos del material y los vende como unidades terminadas (Beltrán, 2012). En el cuadro 1 apreciaremos los rangos en que oscila la densidad del PET dependiendo del estado en que se encuentra.

Cuadro 1. Densidad del PET según su estado.

Estado del PET	Densidad	
Amorfo	1.33 – 1.37	g/cm ³
Semicristalino	1.45 – 1.51	g/cm ³
Densidad aparente	0.85	g/cm ³

Fuente: Beltrán – 2012.

Conductividad térmica

Esta propiedad refleja la dosis de calor que pueden transmitir los polímeros a través de ellos. Con esta propiedad se puede deducir si el material a base de polímeros es un buen aislador térmicos, siendo los más efectivos los que presentan una conductividad menor. Por su parte el PET (Polietilen tereftalato), posee un valor de conductividad térmica que puede alcanzar los 0.24 W/Mk (Mariano, 2011).

Absorción de agua

Esta propiedad refleja la cantidad de agua que los materiales plásticos tiende a retener, después de encontrarse en un contacto seguido con un ambiente húmedo. Se debe considerar esta propiedad en todos los materiales elaborados a base de polímeros, pues al absorber la humedad el material tiende a variar significativamente sus dimensiones. Por su parte el PET presenta una capacidad de absorción de agua menor al 0.7 % durante 1 día (Muñoz, 2012).

Permeabilidad

Es la capacidad de bloquear el ingreso de gases (vapor de agua, oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono) que poseen los materiales. En el caso de los plásticos que usualmente son utilizados para envasar alimentos, estos deben poseer unas excelentes cualidades de barrera, con esto podemos decir que mientras el valor de permeabilidad de un material plástico sea más bajo, mayor será su capacidad de barrera. Por su parte el PET posee una excelente capacidad de barrera frente a la humedad, oxígeno y al dióxido de carbono (Sánchez y Paredes, 2014).

Solubilidad

Esta propiedad es definida como la capacidad de un material para disolverse al ser mezclado con una sustancia líquida. Por su parte el PET es insoluble frente a solventes orgánicos, pero su capacidad de solubilidad varía de mayor a menor grado frente a solventes como compuestos clorados, solventes halogenados, aromáticos y acetonas (Elías y Jurado, 2012).

Resistencia al envejecimiento

El PET tiende a deteriorarse junto al paso del tiempo, su deterioro se hace irreversible, debido a la influencia de factores externos como lo es la temperatura del ambiente, humedad, radiaciones solares y algunos contaminantes atmosféricos. Estos factores conllevan al PET a perder sus condiciones estéticas como por ejemplo el color, alteración de sus dimensiones, desecación, debilitamiento de sus propiedades mecánicas (compresión y flexión) y agrietamiento. Pero debido a su transparencia, se le atribuye una óptima resistencia al envejecimiento (Elías y Jurado, 2012).

Estabilidad térmica

Los polímeros como el PET se van debilitando cuando son sometidos a temperatura que sobrepasan los 70 °C (grados centígrados), esto se produce porque el calor genera cambios químicos en la masa plástica. No obstante, para permitir el llenado de los envases en caliente, se ha mejorado el producto, haciendo que la máxima temperatura que pueda resistir sin alterar sus propiedades sea de 71 °C. Un caso aparte es el plástico cristalizado, pues este ofrece una resistencia a temperaturas hasta de 230 °C (Mariano, 2011).

Propiedades biológicas.

El PET es un polímero muy resistente a los ataques microbiológicos, debido a que estos no cuentan con mecanismos para poder atacarlo, es por esta propiedad del PET que no se proliferan las bacterias, parásitos u hongos vinculados con la putrefacción de la materia. El PET al no ser afectado por los organismos microbiológicos, posee sus características a través del tiempo, lo que lo hace un material de larga vida útil (Muñoz, 2012).

Usos y aplicaciones en la ingeniería civil.

En el mundo se producen alrededor de 12 millones de toneladas de PET anualmente, haciéndolo un material fácil de encontrar y atractivo para las investigaciones, debido a la gran cantidad de residuos que genera (Bastos, Hernández y Oliveros, 2016).

En la ingeniería civil se ha venido utilizando el PET en la elaboración de materiales útiles para la construcción como lo es el asfalto, el concreto y los ladrillos (Sánchez, Peña y Rico, 2018).

Aplicación en el asfalto

Según Lizarazo, Moreno y Calderón (2016), las mezclas asfálticas pueden ser intervenidas con diferentes dosificaciones de PET, pero es necesario tener la cantidad exacta de la dosificación del material, puesto que podría verse afectada la mezcla asfáltica, por la durabilidad, presencia de vacíos, baja resistencia a la fatiga y una alta capacidad de permeabilidad, que la hacen vulnerable a diferentes tipos de fallas. La aplicación del PET en mezclas asfálticas hace que se obtenga una mezcla más ligera debido a su reducción en peso, además de aligerar el peso de la mezcla, la adición del PET reduce el impacto ambiental que esta genera.

La cantidad necesaria de botellas elaboradas con PET, en la elaboración de mezclas asfálticas, se determinará de acuerdo al volumen que se necesite conseguir. Por ejemplo, para diseñar una mezcla asfáltica con 1.6% de fibra de PET y asfalto en 5.6%, se necesitan cerca de 691 unidades de botellas de 3L por cada metro cubico (Buitrago, Onofre y Sierra, 2017).

Aplicación en el concreto

El concreto es el material más usado globalmente debido a sus propiedades, como lo son su excelente resistencia a la compresión, trabajabilidad, estabilidad estructural, durabilidad, impermeabilidad, resistencia al fuego y gravedad específica (Rao y Chavan, 2016). El concreto es el principal material para la construcción de edificios, puentes y carreteras. Es por esto que se ha venido identificando que materiales son compatibles con este y que además pueda mejorar sus propiedades a partir de la aplicación del PET. El proceso que se tiene que realizar para la preparación del concreto junto con PET triturado, es el mismo al que se realiza para la preparación del concreto convencional (Osman, Alfahdawi y Hamid, 2016).

Con el propósito de contribuir con la conservación de la naturaleza, se encontró que el plástico de acuerdo a sus características como la durabilidad, resistencia a la corrosión, buen aislamiento para el sonido, calor y frío, hacen que este sea un material de óptimas condiciones para su utilización en mezclas de concreto (Britoa y Saikia, 2013).

Alesmar et al 2008, en su investigación, estudiaron mezclas de PET-cemento con 5%, 10% y 15% además de piedra y arena, en proporciones que dependerían del uso de la mezcla, ya sean estos para morteros o concretos. Para la elaboración de mezclas para morteros se determinó que el uso de 5% de proporción en PET, mejora la capacidad a tracción superando a las características del mortero convencional. Por otro lado, para la obtención de mezclas de concreto que requieran alta resistencia, se determinó que la utilización del 15% de la proporción del PET en la mezcla, era el modelo más óptimo que otorgaba una mejor resistencia y durabilidad a las propiedades del concreto.

Aplicación en ladrillos

El ladrillo en la construcción civil es comúnmente utilizado en la elaboración de viviendas, tanto para que formen muros portantes o también para formar muros divisorios que no reciben fuertes cargas. El ladrillo que predomina en la construcción de viviendas es que está compuesto por arcillas, lo que ocasionó que se explote este material, hasta el punto de que ahora se explota la arcilla a cielo abierto. Por este motivo, se han venido estudiando las propiedades de los materiales que sean compatibles con

las arcillas, haciendo que estas mejoren sus propiedades y ofrezcan una mejor resistencia al ladrillo (Rivera, Banda y Flores, 2017).

Tras hacerse estudios se determinó que un material compatible con las arcillas, es el PET, mejorando la calidad de arcilla y optimizando sus propiedades. A raíz de esto se elaboraron ladrillos con arcilla modificada y a su vez se realizaron las pruebas de laboratorio para comprobar la resistencia que ofrecían, esta depende del contenido de PET en lugar de arena gruesa y también dependerá de las dimensiones del ladrillo. Gaggino en el 2007 realizó un diseño de ladrillo elaborado con PET de dimensiones 26,2cm x 5,5cm x 12,5cm. Este ladrillo cumplió las expectativas, debido a que en el ensayo a compresión alcanzo la resistencia requerida por las normas para muros portantes. Para la elaboración de este ladrillo utilizaron 300 gramos de PET por unidad, lo que lo hace un ladrillo amigable con el ambiente pues reduce el nivel de contaminación (Arroyave, Salazar y Moreno, 2014).

Cemento

Definición:

El cemento es un material conglomerante que se obtiene a partir de la piedra caliza. Esta piedra pasa por un proceso para hacerla polvo, primero se quema la piedra caliza en hornos y luego se procede a triturar la piedra hasta tenerla en materia de polvo. El cemento tiene como característica que al ser mezclado con agua, este adquiere trabajabilidad.

El cemento que utilizaremos en este proyecto de investigación será el cemento Mochica-Tipo MS.

Podemos observar en el anexo 3 (figura 14) el Cemento Mochica (Cementos Pacasmayo, 2017).

Composición

El cemento Mochica, brinda protección al concreto del salitre. Este cemento está diseñado para soportar climas cálidos sin que de esto dependa su resistencia y durabilidad. Este cemento cumple con las condiciones exigidas por la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.082 y también cumple con la norma de C 1157 de la ASTM (Cementos Pacasmayo, 2017).

Podemos apreciar en el anexo 4 (figura 15) La tabla de especificaciones técnicas del Cemento Mochica, según Cementos Pacasmayo, 2017.

Características

Las principales características con las que cuenta el cemento Mochica, son su excelente resistencia química, el incremento de la durabilidad de la estructura, ofrece mejor impermeabilidad al concreto, brinda protección contra el salitre y que es un material amigable con el medio ambiente (Cementos Pacasmayo, 2017).

Usos

El cemento Mochica, se utiliza para la elaboración de concretos que estén expuestos de forma moderada a los sulfatos, concretos en clima cálido, cimentaciones que estén en contacto con suelos húmedos, estructuras cerca del ambiente marino y en construcciones que requieran de concreto masivamente (Cementos Pacasmayo, 2017).

Ecoladrillos

Definición:

Los ecoladrillos son los ladrillos que son elaborados a base de residuos sólidos como por ejemplo plástico, papel, cartón, caucho, etc., con el propósito de reducir la contaminación del medio ambiente que estos residuos generan. La ingeniería civil está buscando soluciones para reducir el impacto ambiental negativo que las infraestructuras generan, es por esto que se ha innovado en la utilización de materiales reciclados (concreto, plástico, papel, etc.) para reducir la contaminación. No obstante, al reutilizar estos materiales la resistencia no se verá afectada, debido a que, para elaborar estos nuevos materiales, se han tenido que hacer estudios y ensayos en laboratorio, avalando de esta manera la calidad del producto, sirviendo de herramienta tanto para la ingeniería civil en sus infraestructuras como para el ambiente, ayudando a conservarlo (Lara et al, 2015).

En el anexo 5 (figura 16), mostramos los Productos Calstar Ladrillo de contenido reciclado según Homeiq (2011)

Tipos

Los tipos de ecoladrillos que podemos encontrar son los realizados con fibra de vidrio, plástico, ceniza de arroz, ceniza de caña de azúcar, de papel y hasta de residuos de construcciones (producidos por las demoliciones). El tipo de ladrillo también dependerá de para que se requiera pues los ecoladrillos dependiendo de sus características pueden servir para muros portantes y para muros divisorios (Lara et al, 2015).

Ventajas

El ecoladrillo tiene como ventaja su capacidad de aislación de frío y calor, otra ventaja es su fácil elaboración, es un ladrillo amigable con la naturaleza, es de menor peso que el ladrillo convencional y tiene mejor rendimiento a la absorción de agua.

Desventajas

La única desventaja que posee el ecoladrillo es su comercialización, pues las ladrilleras tienen estandarizado la fabricación del ladrillo convencional y para que el ecoladrillo entre al mercado tendría que hacerse una fuerte inversión, para que así este pueda competir en el mercado con el ladrillo convencional.

Proceso de industrialización del PET:

El PET se presenta en forma de resina del tamaño de pequeños chips, estos cuando se encuentran secos, se tienen que fundir e inyectar a presión en máquinas de múltiples cavidades de las cuales se obtendrá la preforma de los envases, en esta etapa solo está definido el pico del envase. Luego estas preformas se someten a un proceso de calentamiento gradual, seguido de esto se coloca la proforma dentro de un molde y se procede a estirarlo con ayuda de un pistón hasta obtener la medida deseada. Para concluir el proceso de fabricación se procede a inflar el envase con aire a presión hasta que este tome la forma del envase y con esto se obtiene el envase típico de plástico PET.

En el anexo 6 (figura 17) se muestra el diagrama de flujo del proceso de industrialización del PET según Quiminet, 2005.

En el anexo 7 (figura 18), se observa el Proceso de industrialización del PET mediante reciclaje de la misma, según la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina (2016).

Proceso de elaboración de ladrillos de concreto:

Para la elaboración de los ladrillos de concreto, se tienen en cuenta distintas formas, en la que se da desde una producción manual hasta una elaboración industrializada, en este caso se realizara de manera manual (artesanal), para este método de elaboración, se hace empleo de plantillas móviles que reciben mezcla para la elaboración de un ladrillo a la vez, puesto que la fabricación se hace por medio de compactación manual de la mezcla y el desmoldeado por volteo. Si estos moldes son hechos de madera, es necesario engrasarlos para que el desmoldeado sea más fácil y rápido para la obtención de los ladrillos.

“Para la confección del ladrillo de concreto sólo se requiere materiales usuales, como son: piedra partida, arena, cemento y agua; un equipo de vibrado y moldes metálicos correspondientes; siendo posible su elaboración en obra, evitando así el problema de transporte de unidades fabricadas, lo cual representa aspectos favorables para la autoconstrucción.” (Arrieta y Peñaherrera 2001)

En el proceso de fabricación de los ladrillos de concreto como dice el autor se requerirá materiales básicos como el cemento, agregados, agua y aditivos que sirve para facilitar su proceso de elaboración. Además deberá contar con el respaldo técnico necesario.

La calidad que presenten los bloques de concreto va a depender de cada etapa del proceso de fabricación, esencialmente de la cuidadosa selección de los agregados para la uniformidad de la mezcla, estos se deberán de almacenar libre de basura y de alguna otra impureza, también debemos determinar una correcta dosificación, en la que se contara con una balanza de precisión para el peso correcto de los materiales y así lograr que el ladrillo adquiera cohesión en estado fresco para un fácil desmoldeado, máxima compactación para disminuir su absorción y la resistencia requerida según su uso. Además de darle un adecuado curado para conseguir un buen acabado superficial.

En los anexos del 8 al 10 (figura 19 al 21) mostramos el proceso de elaboración de los ladrillos de concreto, según el Instituto Peruano de Productores de cemento.

Marco normativo peruano:

Requisitos NTP – ladrillos de concreto

Esta norma menciona algunas clasificaciones para el ladrillo tanto en su fabricación, que son adoptadas por el fabricante; por su efectividad, que son aquellas que se obtienen por medición directa efectuadas sobre el ladrillo y nominales, que son las medidas establecidas en esta NTP. También define tipos según su uso, utilizando un Tipo 24 para enchape arquitectónico y muros exteriores sin revestimiento, donde se requiera alta resistencia a la compresión, a la humedad y a la fuerte acción del frío. Para una utilización más general con tolerante resistencia a la compresión, impregnación de la humedad y conducta frente al frío se utilizará un Tipo 17. Finalmente para uso general de moderada resistencia a la compresión, solo se tendrá en cuenta un Tipo 14 y Tipo 10.

Requisitos físicos:

En la entrega de las unidades, éstos deben cumplir con lo prescrito en el cuadro 2.

Donde se detalla los tipos de bloque (24, 17, 14 y 10) con su respectiva proporción de absorción de agua.

Cuadro 2. Requisitos de resistencia y absorción

Resistencia a la compresión, min, Mpa, respecto al área bruta promedio			Absorción de agua, máx., % (Promedio de 3 unidades)
Tipo	Promedio de 3 unidades	Unidad Individual	
24	24	21	8
17	17	14	10
14	14	10	12
10	10	8	12

Fuente: Norma Técnica Peruana 399.601. (2006).

Variaciones permisibles en las dimensiones:

Las dimensiones (ancho, alto y largo) no deben sobrepasar por más de ± 3.2 mm ($\pm 1/8$ pulgada) de las dimensiones estándar detalladas por el fabricante.

Acabado y apariencia:

El ladrillo puede ser hueco o macizo, dependiendo de lo que requiera el cliente, a menos que éste especifique de otro modo. El área de la sección del ladrillo hueco debe ser por lo menos el 75% del área de la sección transversal; además ningún agujero de estar a menos de 19.1 mm (3/4 pulgada) de algún borde del ladrillo.

Métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañilería de concreto - NTP – 399 - 604:

Muestreo:

Selección de los especímenes de ensayo:

Las unidades serán establecidas a través de un método de muestreo aleatorio o de acuerdo a lo que seleccione el comprador, siempre y cuando cumplan con lo aceptado. También se puede optar por una tabla estadística para seleccionar las unidades.

Número de especímenes:

Para determinar la resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad) y contenido de humedad, se elegirán 6 unidades por cada 10000 unidades o menos y 12 unidades de más de 10000 y menos de 100000 unidades. Para el caso de 100000 unidades a más, se elegirán 6 unidades por cada 50000 unidades o fracción.

Identificación:

Se marcará cada espécimen con el fin de ser identificados en cualquier situación, estas no deben cubrir más del 5% del área superficial. Posteriormente se debe pesar las unidades, que servirá para los ensayos de contenido de humedad, estos deben ser registrados como W_r (peso recibido).

Medición de dimensiones:

Aparatos:

Para establecer las dimensiones se usará una regla de acero graduada a 1.00 mm, para los espesores de las paredes y tabiques se usará un calibre Vernier graduado en divisiones de 4 mm.

Especímenes:

Para las mediciones de ancho, altura, longitud y espesores mínimos se usarán tres unidades.

Dimensiones:

Se medirá y registrará cada unidad, tanto en ancho (A), altura (H) y longitud (L).

Resistencia a la compresión:

Aparatos:

Se usará una máquina de ensayo la cual estará equipada por dos bloques de soporte de acero, en los que uno es una rótula que transmitirá la carga a la superficie superior del ejemplar y el otro un bloque rígido donde reposará el ejemplar.

Además se utilizará bloques de soporte de acero y platos.

Especímenes de prueba:

Posteriormente de la elaboración en el laboratorio, se procederá almacenar las unidades separadas por 13 mm en todos sus lados o más, a una temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ por no menos de 48 horas.

Las proyecciones sin apoyo que tienen una longitud mayor que su espesor serán removidas por cortadora. Para unidades con tabiques rebajados, se cortarán las caras laterales al mismo nivel para proporcionar una superficie de sustento completa sobre la sección transversal neta de la unidad.

Si se da el caso que las unidades son demasiado grandes para las máquinas de ensayo o excedan la capacidad de carga, se procederá a cortar las unidades.

Cuando las unidades del ensayo de compresión tengan dimensiones y formas inusuales (tales como, pero no limitadas a, unidades en enlace de vigas, unidades del extremo abierto, y unidades de pilastras), los especímenes serán aserrados para quitar cualquier proyección de la cara lateral. El espécimen resultante será una celda o celdas que contienen cuatro caras que aseguren una superficie de apoyo del 100 %.

Para el ensayo a la resistencia de compresión de segmentos cortados de muros, los especímenes ensayados serán no menos del 75 % sólido y tendrán una relación de altura a espesor de no menos que 1:1 y no más que 2:1.

El aserrado será realizado de una manera exacta y competente sometiendo al espécimen a la mínima vibración posible de la sierra. Utilizar una sierra de diamante con dureza apropiada.

El área neta promedio de los especímenes de compresión cortados será el promedio del área neta de las tres unidades adicionales cortadas.

Refrentado de la muestra de prueba:

Refrentar las superficies de apoyo de las unidades por uno de los métodos de los apartados:

Azufre y materiales granulares:

Extender parejo en un área de refrentado no absorbente que haya sido revestida ligeramente con aceite o rociada con una capa de TFE – fluro- carbono. Utilizar mezclas preparadas por el propietario o el laboratorio de 40 % a 60 % de azufre por peso, el resto es bentonita molida convenientemente u otro material inerte que pase por el tamiz N° 100 con o sin plastificante. Calentar la mezcla de azufre en una olla de calefacción controlada por termostato a una temperatura suficiente para mantener la fluidez después del contacto con la superficie de refrentado. Tener cuidado para evitar el sobrecalentamiento, y revolver el líquido en la olla momentos antes de su uso. La superficie de refrentado será plana dentro de los 0.08 mm en 406.4 mm y será lo suficientemente sólida para no flexionarse durante la operación de refrentado. Colocar cuatro barras de acero cuadradas de 25 mm sobre la placa superficial del refrentado para formar un molde rectangular aproximadamente de 12.7 mm mayor en cualquier dimensión interior que la unidad de albañilería. Llene a una profundidad de 6,4 mm con material fundido de azufre. Posteriormente, lleve la unidad para ser refrentada, esta unidad no debe ser perturbada hasta que se solidifique completamente. Permitir que el refrentado enfríe por un mínimo de 2 horas antes de ensayar los especímenes. No se permitirá el parchado del refrentado. Quitar los refrentados imperfectos y substituirlos por nuevos.

Refrentado con cemento - yeso:

Extender de forma pareja en un área de refrentado no absorbente que haya sido recubierta ligeramente con aceite o rociado con una capa de TFE–fluorocarbono, una

pasta de yeso-cemento de alta resistencia y agua. Luego poner la unidad para ser refrentada en contacto con la pasta de refrentado; se debe comprimir hacia abajo el espécimen con un solo movimiento. El espesor medio del refrentado no deberá superar 3.2 mm. No se aceptará el parchado del refrentado. Apartar capas imperfectas y reemplazar con capas nuevas. El refrentado se hará al menos 2 horas antes del ensayo de los ejemplares.

Procedimiento:

Se colocará los ejemplares en el centroide de la rótula de la máquina de ensayo, con algunas excepciones de unidades las cuales serán para uso con sus paredes en una dirección horizontal. Al realizarse los ensayos, los especímenes, estarán libres de humedad o manchas de humedad.

Se aplicará la carga hasta la mitad de la máxima prevista en el tiempo que se crea conveniente, posteriormente se aplicará la carga restante entre 1 y 2 minutos. Finalmente se registrará la carga de compresión máxima en Newtons.

Absorción:

Aparato:

Se utilizará una balanza sensible.

Ensayo de Especímenes:

Se utilizarán 3 unidades las cuales ya hayan sido marcadas, pesadas y registradas; las pruebas serán desarrolladas en unidades enteras.

Procedimiento:

Se sumergirá los especímenes a una temperatura de 15.6 °C a 26.7 °C por 24 horas durante están sumergidos en el agua pesarlos con un alambre de metal y regístralo W_i (peso sumergido). Luego sacarlos del agua, permitiendo el drenado y retirando el agua superficial, para posteriormente pesarlo y registrarlo como W_s (peso saturado).

Posterior a la saturación, se procederá a secar los ejemplares en un horno a 100 °C o 115 °C por no menos de 24 horas. Se registrará los pesos de los especímenes secados W_d (peso secado al horno).

Otros ensayos que se realizan no estipulados en la Norma (NTP 399 -613):

Variabilidad dimensional:

Se seca los ladrillos en un horno ventilado de 110 °C a 115 °C, por 24 horas.

Después del secado se deja enfriar a una temperatura de 18 °C, por un periodo de 6 horas.

Se hace la limpieza de los lados y las aristas del ladrillo, para quitar las partículas sueltas.

Realizar 4 medidas de cada dimensión con una regla metálica y un vernier

Los resultados serán dados en porcentajes, calculados con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

V: Variabilidad dimensional (%).

ME: Medida especificada por el fabricante (mm).

MP: Medida promedio (mm).

Alabeo:

Se requiere una varilla de acero graduada a 1 mm y una superficie plana de acero o vidrio de 300mm*300mm.

Se registrará los valores de alabeo; tomando en cuenta si es cóncavo o convexo, se medirá el alabeo con la regla metálica graduada a 1mm.

Eflorescencia o salinidad:

Se coloca la muestra con una separación de 5 cm por cada unidad, en una cámara de humedad la cual está libre de aire. Luego de 7 días, las muestras se secan en un horno durante 24 horas, posteriormente se le deja enfriar a temperatura ambiental.

Por último, se observará si las muestras presentan manchas blancas, para poder calificar como eflorescida, ligeramente eflorescida o sin eflorescencia.

Peso por unidad de área:

Aparatos: Una balanza sensible del rango del 0.2% del peso de la muestra más pequeña.

Muestra de prueba: Pesar 5 tejas de arcilla estructural, completas y sin humedad.

Cálculo e informe: Se divide el peso en kg entre el área promedio de las dos caras.

Reportar los resultados de manera separada para cada unidad.

Reglamento Nacional de Edificaciones – E 070: Albañilería.

En esta Norma se establecen los requisitos y los requerimientos mínimos para el diseño, el análisis, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de las edificaciones de albañilería estructuradas especialmente por muros confinados y por muros armados. Tendremos en cuenta los componentes y características de las unidades de albañilería que son los bloques y ladrillos de arcilla cocida, utilizadas en mampostería y en muros portantes, especificados en esta norma.

Componentes de la albañilería:

Clasificación para fines estructurales:

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en el Cuadro 3, donde se detalla la clase de ladrillo y bloque con su variación dimensional, alabeo y su resistencia a compresión.

Cuadro 3. Clase de unidad de albañilería para fines Estructurales

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN fb 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	(+/-) 4	(+/-) 3	(+/-) 2	4	4.9 (50)
Bloque NP	(+/-) 7	(+/-) 6	(+/-) 4	8	2.0 (20)

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E 070. (2006)

Limitaciones en su aplicación:

El empleo o aplicación de las unidades de albañilería estará limitado a lo indicado en el cuadro 4. Las zonas sísmicas que se indican son de la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

Se detalla el tipo de bloque el cual se puede utilizar y el cual no se puede, en diferentes zonas sísmicas.

Cuadro 4. 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 más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal	No	Sí, hasta dos pisos	Si
Sólido Industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si	Si	Si
	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E 070. (2006)

La interrogante a este proyecto de investigación es la siguiente: ¿Qué efecto tiene la fibra de plástico reciclado (PET) sobre la resistencia a compresión y absorción del ladrillo de concreto?

Justificación de estudio

Esta investigación se justifica porque en la actualidad el PET es uno de los principales contaminantes de nuestra ciudad y para tratar de contribuir con la conservación del medio ambiente, se plantea su reciclaje para una posterior reutilización en la elaboración de los ladrillos de concreto. Esta investigación servirá para que futuros estudiantes se interesen en el tema, buscando nuevas alternativas de solución, con el único fin de reducir la contaminación del ambiente en nuestra sociedad.

La elaboración y aplicación del PET en los ladrillos de concreto mediante el método científico, permitirá con los resultados obtenidos demostrar su validez y confiabilidad para ser utilizados en otros trabajos de investigación e incluso darle un valor agregado a este, para mejorar su calidad y verlos como alternativa de solución para construcciones ecológicas y así contribuir con el cuidado del medio ambiente.

La elaboración de estos ladrillos ecológicos se llevará a cabo de una manera práctica, pues su elaboración será con los mismos materiales del ladrillo de concreto comúnmente utilizado, adicionándole el agregado de PET, un material alternativo que gracias a las propiedades que presenta puede ayudar a mejorar las características del ladrillo.

La hipótesis planteada para este proyecto de investigación es que, el agregado de fibra de plástico reciclado (PET), ayuda a mejorar la resistencia a la compresión y mejora la capacidad de absorción en los ladrillos de concreto.

Para desarrollar esta investigación seguimos los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Evaluar el efecto de la fibra de plástico reciclado PET en la resistencia a la compresión y absorción del ladrillo de concreto, Trujillo.

Objetivos específicos:

- Determinar el diseño de mezcla para la elaboración del ladrillo de concreto con agregados de fibra de PET, para obtener una resistencia adecuada según la NTP.
- Determinar la resistencia a la compresión que obtendrá el ladrillo de concreto, con la aplicación de fibra PET.
- Determinar la capacidad a la absorción que obtendrá el ladrillo de concreto, con la aplicación de fibra PET
- Determinar la variabilidad dimensional, alabeo, peso y eflorescencia de los ladrillos de concreto con la aplicación de fibra PET.
- Realizar la comparación de costos de ladrillo de concreto PET con el ladrillo convencional en el mercado actual.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se tuvo en cuenta la cuantificación de ejemplares, mediante un análisis numérico y experimental.

El tipo de estudio de investigación fue de manera explicativa, debido a que esta se comprobó con la hipótesis mediante la causa-efecto que se da entre las variables independientes de las dependientes.

Se utilizó el diseño de investigación Experimental con post prueba únicamente y un grupo control cuyo esquema es el siguiente:

G1 X1 01

G2 X2 02

G3 X3 03

G4 — 04

Dónde:

G1, G2, G3, Y G4 : Grupo de ladrillos de concreto

X1, X2 Y X3 : Estimulo de 0%,5%, 10% y 15 % de PET

O1, O2, 03 Y O4 : Medición de la resistencia a la compresión

— : Ausencia de estímulo.

2.2. Operacionalización de variables

En el cuadro 5 mostramos la Matriz de Operacionalización de Variables.

Cuadro 5. Matriz de Operacionalización de Variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN				
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Polietilen-Tereftalato (PET)	"El polietilen – tereftalato es un derivado del petróleo en forma de resina plástica" (MaxiPET 2007, párr. 1)	Es el agregado que servirá para atribuirle mayor resistencia al bloque de concreto. La cual se añadirá 5%, 10% y 15% del volumen del ladrillo de concreto.	Tiene efecto en la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto	Nominal
			No tiene efecto en la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto	
Resistencia a la Compresión	"Es la relación entre la carga de rotura a compresión de un ladrillo y su sección bruta" (NTP 399-601, 2006).	Es el esfuerzo máximo que va a soportar el ladrillo de concreto y se medirá a través de una prensa de compresión para rotura de ladrillos.	En unidades: kg/cm ²	Razón
Absorción	Es el incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material. (NTP 399-604, 2002).	Es la propiedad que tiene el ladrillo de concreto debido al polietilentereftalato que presenta en su composición, teniendo como finalidad la permeabilidad que presentara.	Se medirá en porcentajes: %	Razón

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población:

La población será la mezcla que se utiliza en los ladrillos de concreto compuestos por cemento, agregado grueso (confitillo), agregado fino (Arena) y agua. Además se añadirá plástico PET triturado que reemplazará a la arena y piedra.

2.3.2. Muestra:

Para la muestra se trabajará con 4 ladrillos para 28 días de curado con 0%, 5%, 10% y 15% de plástico PET, dando un total de 64 ladrillos de concreto. En el Cuadro 6 presentamos la muestra con los ensayos que la NTP 399 - 604 estipula hacer, que son la resistencia a compresión y la absorción; además realizamos ensayos complementarios que esta norma no estipula, para ello utilizaremos la NTP 399 – 613 para ensayos de los ladrillos de concreto, realizaremos los ensayos de eflorescencia, peso, alabeo y variación dimensional. La NTP 399 – 604, estipula 6 unidades (ladrillos o bloques) que se seleccionaron para los ensayos por cada 10 000 unidades o menos, pero nosotros utilizaremos 4 ladrillos para realizar los ensayos, ya que nuestra población puede variar.

Cuadro 6. Población y muestra.

% DE PLÁSTICO PET EN EL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN					TOTAL
N° DE DÍAS	0%	5%	10%	15%	
28 días	4	4	4	4	16
SUB TOTAL					16
% DE PLÁSTICO PET EN EL ENSAYO DE ABSORCIÓN					TOTAL
N° DE DÍAS	0%	5%	10%	15%	
28 días	4	4	4	4	16
SUB TOTAL					16
% DE PLÁSTICO PET EN EL ENSAYO DE EFLORESCENCIA					TOTAL
N° DE DÍAS	0%	5%	10%	15%	
28 días	4	4	4	4	16
SUB TOTAL					16
% DE PLÁSTICO PET EN ENSAYOS COMPLEMENTARIOS					TOTAL
N° DE DÍAS	0%	5%	10%	15%	
28 días	4	4	4	4	16
SUB TOTAL					16
TOTAL	16	16	16	16	64

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

2.4.1. Técnicas:

La técnica que se utilizará en esta investigación será de Observación experimental. La observación será uno de los métodos fundamentales para recoger información, ya que por medio de los ensayos que se realizarán, se seleccionará la información de forma visual.

2.4.2. Instrumentos:

Usaremos una ficha técnica para la toma de datos de los ensayos realizados a los ladrillos de concreto

Instrumento electrónico:

El instrumento electrónico que se utilizará en esta investigación será la prensa de rotura para ladrillo.

2.4.3. Validez y Confiabilidad:

Los instrumentos que se usarán en esta investigación se validarán por las normas y reglamento:

La NTP – 399 -601: Ladrillos de concreto. Requisitos, la NTP – 399 -604: Métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañilería de concreto y la NTP – 399 -613: Unidades de Albañilería Métodos y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. (De la cual utilizaremos los ensayos de variabilidad dimensional, alabeo y eflorescencia o salinidad). El reglamento Nacional de Edificaciones – E 070: Albañilería.

Para los ensayos de esta investigación se utilizó el laboratorio mecánica de suelos y materiales de construcción GECONSAC.

2.5. Procedimiento

Para elaborar los ladrillos de concreto utilizamos materiales básicos como el cemento, agregados y agua.

La elaboración de los ladrillos de concreto, se realizó de manera manual (artesanal), para este método de elaboración, se empleó plantillas móviles que reciben mezcla para la elaboración de un ladrillo a la vez, puesto que la fabricación se hace por medio de compactación manual de la mezcla y el desmoldeado por volteo. Los moldes utilizados fueron de madera, por ende tuvimos que engrasarlos con petróleo para facilitar el desmoldeado del elemento.

2.6. Método de análisis de datos

Los datos se recogerán de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio. Utilizaremos el programa Microsoft Excel para generar tablas y figuras con los resultados.

2.7. Aspectos éticos

En la presente investigación nos vamos a amparar en las normas técnicas peruanas y reglamento nacional de edificaciones:

NTP – 399 -601: Ladrillos de concreto. Requisitos.

NTP – 399 -604: Métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañilería de concreto.

NTP – 399 -613: Unidades de Albañilería Métodos y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. (De esta norma utilizamos los ensayos de variabilidad dimensional, alabeo, eflorescencia o salinidad y peso por unidad de área).

Reglamento Nacional de Edificaciones – E 070: Albañilería.

De los cuales según los datos obtenidos no se hará ninguna modificación a los datos y así reflejar la veracidad correspondiente.

III. RESULTADOS

Para cumplir con los objetivos planteados se tuvo que seleccionar el material adecuado que utilizamos para la elaboración del ladrillo, a continuación detallamos las características del material que funcionó como agregado en la elaboración del ladrillo:

Composición física de la fibra de PET

El material de refuerzo que se usó en esta investigación son las fibras de PET de forma irregular (tipo escamas), obtenidas a partir del reciclaje de botellas plásticas, las cuales fueron conseguidas en la recicladora “MANUELITA”, ubicada en el parque industrial, La esperanza – Trujillo, esta recicladora consigue la fibra de PET a través de la molienda de las botellas, produciendo piezas irregulares que oscilan entre 13 a 25 mm. (½” – 1”). En el cuadro 7, mostramos las características físicas de la fibra de PET empleada en la mezcla de concreto.

Cuadro 7. Características Físicas de la Fibra de PET reciclada

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA FIBRA DE PET RECICLADA	
Envase de Procedencia	Botella plástica retornable y otros
Tipo de Reciclado	Mecánico
Tipo de Fibra	Forma Irregular (escamas)
Diámetro	13 - 25 mm. (1/2" - 1")
Espesor	0.36 - 0.43 mm.
Color	blanco y ámbar

Después de haber seleccionado el material que se utilizó para la confección de los ladrillos, se procedió con el desarrollo de los objetivos planteados:

3.1. Características geométricas del ladrillo

Las dimensiones empleadas en el ladrillo de concreto con fibra de PET reciclado tiene las mismas con las que se elaboran los ladrillos convencionales de concreto: 24x13x9 cm, largo, ancho y alto respectivamente; es un bloque macizo apto para edificaciones con asientos de cabeza y de soga.

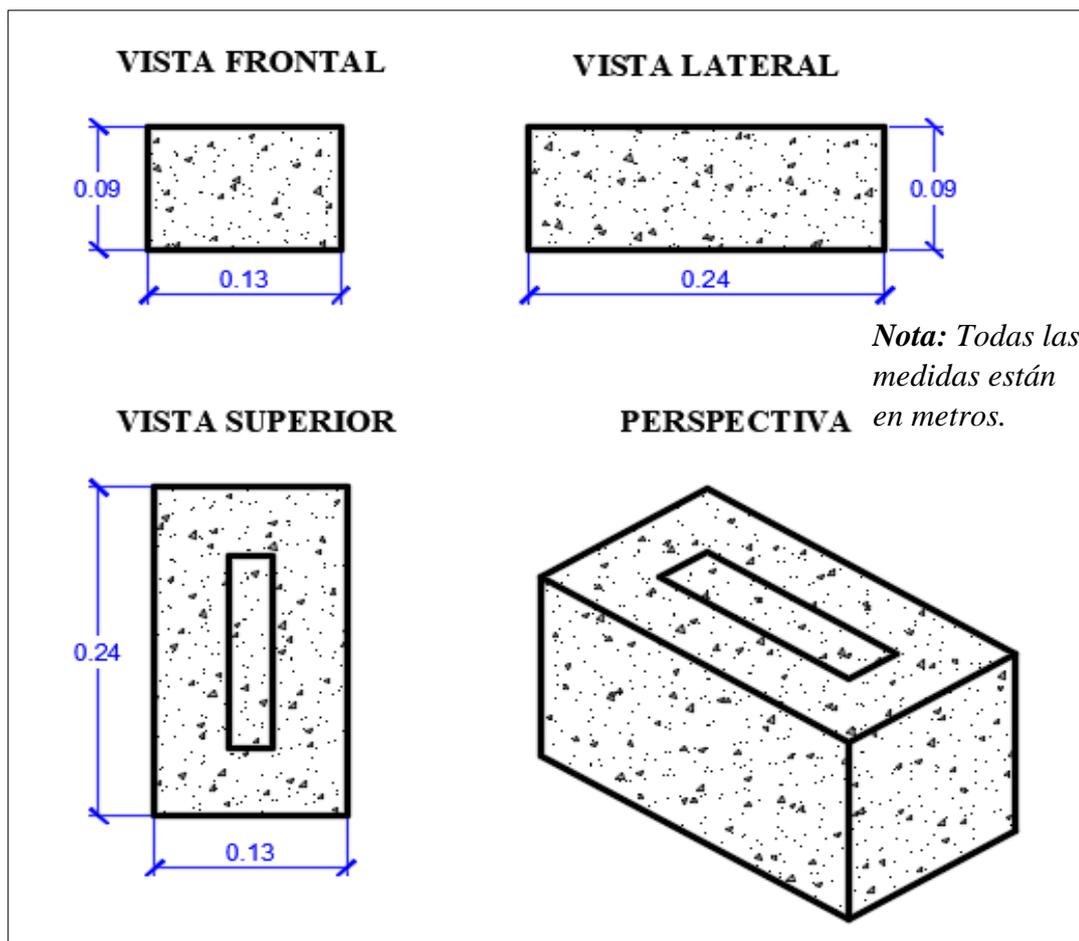


Figura 1. Características Geométricas del ladrillo de concreto con fibra de PET

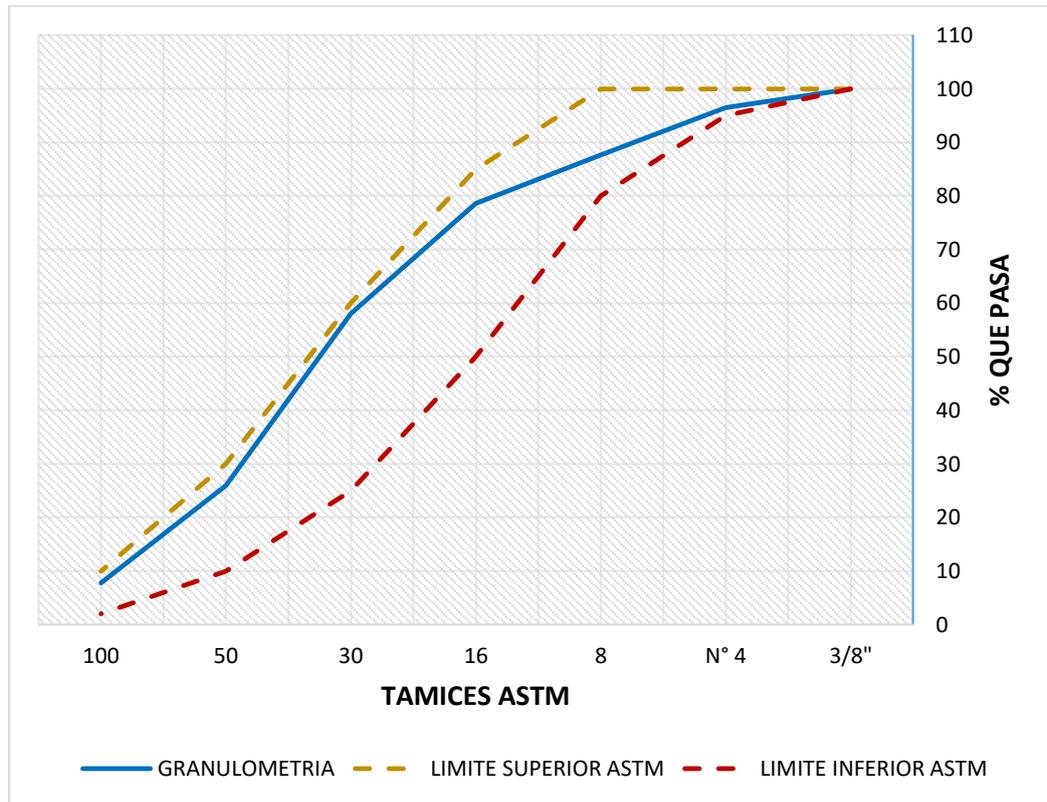
3.2. Ensayo de los materiales

3.2.1. Análisis granulométrico

Cuadro 8. Análisis granulométrico del agregado.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido acumulado	% Que Pasa	REQUISITOS ASTM	CONDICIÓN
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	CUMPLE
N° 4	4.178	17.58	3.52	3.52	96.48	95 - 100	CUMPLE
8	2.360	43.96	8.79	12.31	87.69	80 - 100	CUMPLE
16	1.180	45.27	9.05	21.36	78.64	50 - 85	CUMPLE
30	0.600	102.92	20.58	41.95	58.05	25 - 60	CUMPLE
50	0.300	160.70	32.14	74.09	25.91	10 - 30	CUMPLE
100	0.150	90.50	18.10	92.19	7.81	2 - 10	CUMPLE
PLATO		39.07	7.81	100.00	0.00		
Total		500.00	100.00				

Figura 2. Curva granulométrica del agregado



En el cuadro 8, se muestra el ensayo de análisis granulométrico usando 500gr de material, realizado en el laboratorio de Suelos de la Universidad César Vallejo, por lo que la figura 2 muestra la curva granulométrica del agregado la cual cumple con los límites superiores e inferiores exigidos por la NTP. 400.012 (2001) y ASTM C136.

3.2.2. Módulo de fineza

Para el módulo de fineza se definió como un valor empírico que lo obtenemos de la suma total de los porcentajes de la muestra de agregado retenido acumulado en cada uno de los tamices (de la malla n°4 hasta la n°100), dividiéndolo entre 100. El cual la NTP.400.012 (2001) y ASTM. C 136, establecen un rango de 2.3 a 3.15 para que cumpla con sus requisitos, por consiguiente para su obtención usamos la siguiente fórmula.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado malla } N^{\circ} 4 \text{ a malla } N^{\circ} 100}{100}$$

Arrojando como resultado lo siguiente.

$$MF = \frac{245.42}{100}$$

$$MF = \mathbf{2.45} \quad \mathbf{OK} \quad \text{CUMPLE RANGO 2.30 a 3.15}$$

Como se puede observar el módulo de fineza del ensayo del agregado realizado, cumple con los requisitos de la NTP.400.012 (2001) y ASTM C136.

3.2.3. Contenido de humedad

Cuadro 9. Contenido de Humedad del agregado

DESCRIPCIÓN	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de Tarro	50.03	50.87	51.60
Peso del Tarro + Suelo Húmedo	172.48	149.4	157.13
Peso del Tarro + Suelo Seco	171.55	148.64	156.32
Peso del Suelo Seco	121.52	97.77	104.72
Peso del Agua	0.93	0.76	0.81
% de Humedad	0.77%	0.78%	0.77%
% de Humedad Promedio	0.77%		

En el cuadro 9, muestra el contenido de humedad obtenido del promedio de 3 muestras realizadas, el cual arrojo como resultado que nuestro agregado contiene 0.77% de humedad, este ensayo se realizó teniendo en cuenta las normas NTP.339.127 (2001) y MTC E 215. Y se hallaron con las fórmulas que se muestra a continuación.

$$\%H = \frac{P. del agua}{P. del Suelo Seco} \times 100$$

En dónde:

- Peso del agua: Lo obtenemos de la resta entre (Peso del tarro + Suelo Húmedo) – (Peso del tarro + Suelo Seco).

- Peso del suelo seco: Lo obtenemos de la resta entre (Peso del tarro + Suelo seco) – (Peso del tarro).
- El contenido de Humedad (% H): Lo obtenemos de la división entre P. del agua y P. del Suelo Seco multiplicado por 100.

3.2.4. Peso unitario y % de vacíos del agregado

Para el peso unitario de agregado fue realizado por dos métodos, método suelto y método compactado por apisonado.

❖ Peso Unitario por Método Suelto:

Cuadro 10. Peso unitario y % de vacíos del agregado por método suelto

PESO UNITARIO DEL AGREGADO		
Método suelto		
MUESTRA N°	1	2
Peso del Frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volumen del Frasco (cm ³)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	9992.00	9992.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	5104.00	5104.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.687	1.687
Contenido de Humedad (%)	0.77%	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.687	1.687
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm ³)	1.687	
Peso Unitario Seco Promedio (kg/m ³)	1686.72	
% de Vacíos	33.26%	

En el cuadro 10, muestra el promedio de peso unitario y % de vacíos del agregado por método suelto de dos muestras realizadas, el cual arrojo como resultado el peso unitario seco de 1686.72 kg/m³ y con un 33.26% de porcentaje de vacíos, este ensayo se realizó teniendo en cuenta la norma NTP. 400.017 (1999) y ASTM C-29. Este se halló con la siguiente formula.

$$P. \text{ Unitario Seco} \left(\frac{kg}{cm^3} \right) = \frac{P. \text{ agregado suelto} - P. \text{ del frasco}}{Vol. \text{ del frasco}} * 1000$$

❖ Peso Unitario por Método Compactado por apisonado:

Cuadro 11. Peso unitario y % de vacíos del agregado por método compactado por apisonado

PESO UNITARIO DEL AGREGADO Método Compactado por Apisonado		
MUESTRA N°	1	2
Peso del Frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volumen del Frasco (cm ³)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	10304.00	10300.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	5416.00	5412.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.790	1.788
Contenido de Humedad (%)	0.77%	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.790	1.788
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm ³)	1.789	
Peso Unitario Seco Promedio (kg/m ³)	1789.16	
% de Vacíos	29.21%	

En el cuadro 11, muestra el promedio de peso unitario y % de vacíos del agregado por método compactado por apisonado de dos muestras realizadas, el cual arrojo como resultado el peso unitario seco de 1789.16 kg/m³ y con un 29.21% de porcentaje de vacíos, este ensayo se realizó teniendo en cuenta la norma NTP. 400.017 (1999) y ASTM C-29. Este se halló con la siguiente formula:

$$P. \text{Unitario Seco} \left(\frac{kg}{cm^3} \right) = \frac{P. \text{ agregado compactado} - P. \text{ del frasco}}{Vol. \text{ del frasco}} * 1000$$

3.2.5. Peso específico y absorción del agregado

Cuadro 12. Peso Específico y absorción del agregado

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO	Ensayo 01	Ensayo 02
A=Peso en el aire de la muestra seca (g)	488.80	489.00
B= Pieza de la fiola aforada con la muestra y agua (g)	630.50	641.80
C= Peso total de la fiola, aforada con la muestra y agua (g)	937.00	948.40
S= Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
Peso Específico de Masa (Pem)	2.53	2.53
Peso Específico de Masa Saturada con superficie seca (PeSSS)	2.58	2.59
Peso Específico Aparente (Pea)	2.68	2.68
Absorción (%)	2.29	2.25
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.53	
Peso Específico de Masa Saturada con superficie seca (PeSSS)	2.58	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.68	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	2.27	

En el cuadro 12, se muestra el Peso Específico y absorción del agregado, el cual arroja como resultados que el peso específico de masa fue 2.53 gr/cm³, el Peso Específico de Masa Saturada con superficie Seca fue 2.58 gr/cm³, el Peso Específico Aparente fue 2.68 gr/cm³ y la absorción fue 2.27%. Estos se hallaron teniendo en cuenta las normas NTP. 400.022. (2001) y ASTM C 128.

3.3. Diseño de mezcla del ladrillo de concreto con fibra de PET

3.3.1. Cantidad de fibra de PET para ladrillo de concreto

Para la elaboración del ladrillo de concreto se necesitó tener una cantidad aproximada de Fibra de PET, ya que este al ser adquirido de la recicladora Manuelita, necesitamos saber la cantidad que necesitábamos comprar, de la cual la calculamos de la siguiente manera:

Dimensiones del ladrillo:

Largo (L) =	0.24 m.
Ancho (A) =	0.13 m.
Alto (H) =	0.09 m.

Volumen del Ladrillo:

$$Vol. = L x A x a$$

$$Vol. = 0.24 x 0.13 x 0.09$$

$$Vol. = 0.002808 m^3$$

Para el cálculo de materiales posteriores añadimos un 5% de desperdicio total en el volumen unitario del ladrillo, como se muestra en el cuadro 13, según CAPECO – Costos y Presupuesto en Edificaciones. (2003).

Cuadro 13. Porcentaje de Desperdicio

DESCRPCIÓN	% DESPERDICIO PROMEDIO
Mezcla para concreto	5
Mortero	10
Ladrillo para muros	5
Ladrillo para techos	5
Loseta para pisos	5
Mayólica	5
Clavos	15
Madera	10
Acero de Refuerzo	
3/8"	3
1/2"	5
5/8"	7
3/4"	8
1"	10

Fuente: CAPECO – Costos y Presupuestos en Edificación (2003)

Volumen del ladrillo con Porcentaje de desperdicio:

$$Vol. = L x A x H x 5\%$$

$$Vol. = 0.24 x 0.13 x 0.09 x 1.05$$

$$Vol. = 0.002948 m^3$$

Con este volumen procedemos a calcular la cantidad de fibra de PET reciclada necesaria.

➤ Cantidad con 5% de Fibra de PET

VOL. TOTAL =	0.002948 m3.
CANT. PET =	5%

PET =	0.00015 m3.	Para 1 Ladrillo
PET =	0.002 m3.	Para 16 Ladrillos

➤ Cantidad con 10% de Fibra de PET

VOL. TOTAL =	0.002948 m3.
CANT. PET =	10%

PET =	0.00029 m3.	Para 1 Ladrillo
PET =	0.005 m3.	Para 16 Ladrillos

➤ Cantidad con 15% de Fibra de PET

VOL. TOTAL =	0.002948
CANT. PET =	15%

PET =	0.00044	Para 1 Ladrillo
PET =	0.007	Para 16 Ladrillos

➤ **Volumen TOTAL de Fibra de PET**

Fibra de PET = 0.0014 m3, que esto equivale a las $\frac{3}{4}$ partes de una lata para la elaboración de 48 ladrillos.

3.3.2. Dosificación

Para la dosificación tomamos en cuenta las características técnicas de bloques y ladrillos que nos da Cementos Pacasmayo, como se muestra en el cuadro 14.

Cuadro 14. Características Técnicas de los Bloques y Ladrillos de Cemento Pacasmayo.

TIPO	DIMENSIONES	RENDIMIENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	USOS Y APLICACIONES
LADRILLO KING KONG TIPO 10	24 x 13 x 9 cm.	soga: 37 unid. X m ²	Min. 10 Mpa (102 kg/cm ²)	Muros portantes y tabiquería
		Cabeza: 66 unid. X m ³		
LADRILLO KING KONG TIPO 14	24 x 13 x 9 cm.	soga: 37 unid. X m ²	Min. 10 Mpa (143 kg/cm ²)	Muros portantes y tabiquería
		Cabeza: 66 unid. X m ³		
BLOQUE PARED 9	39 x 9 x 19 cm.	12.5 unid. X m ²	Min. 4 Mpa (40 kg/cm ²)	Muros no estructurales y tabiquería.
BLOQUE PARED 12	39 x 12 x 19 cm.	12.5 unid. X m ²	Min. 7 Mpa (71 kg/cm ²)	Albañilería armada y tabiquería
BLOQUE PARED 14	39 x 14 x 19 cm.	12.5 unid. X m ²	Min. 7 Mpa (71 kg/cm ²)	Albañilería armada, cercos perimétricos y tabiquería.
BLOQUE PARED 19	39 x 19 x 19 cm.	12.5 unid. X m ²	Min. 7 Mpa (71 kg/cm ²)	Albañilería armada, cercos perimétricos y tabiquería.
BLOQUE TECHO 12	12 x 30 x 25 cm.	10 unid. X m ²	Min. 1.67 Mpa (17 kg/cm ²)	Techos Aligerados.
BLOQUE TECHO 15	15 x 30 x 25 cm.	10 unid. X m ²	Min. 1.67 Mpa (17 kg/cm ²)	Techos Aligerados.

Fuente: Prefabricados PACASMAYO

El ladrillo que se elaboró y dosificó de acuerdo a las características geométricas que tendrá nuestro ladrillo es el ladrillo King Kong Tipo 14, con una resistencia de 14 Mpa (143 kg/cm²) que sirve para muros portantes y tabiquería según prefabricados PACASMAYO.

Para el diseño de mezcla del ladrillo de concreto con agregado de fibra de PET, se tuvo en cuenta el cuadro de proporciones de CAPECO, que se muestra en el cuadro 15.

Cuadro 15. Proporciones usualmente Utilizados en construcciones – Cantidad de materiales por m3 de concreto.

RESISTENCIA CONCRETO F'c (kg/cm2)	a/c	Slump. Pulg.	Tamaño agregado (pulg)	Dosificación en Volumen	Materiales m3			
					Cemento	Arena	Piedra	Agua
					bls.	m3	m3	m3
140	0.61	4	(3/4)	1 : 2.5 : 3.5	7.01	0.51	0.54	0.184
175	0.51	3	(1/2)	1 : 2.5 : 2.5	8.43	0.54	0.55	0.185
210	0.45	3	(1/2)	1 : 2.0 : 2.0	9.73	0.52	0.53	0.186
245	0.38	3	(1/2)	1 : 1.5 : 1.5	11.5	0.5	0.51	0.187
280	0.38	3	(1/2)	1 : 1.0 : 1.5	13.43	0.45	0.51	0.189

Fuente: CAPECO – Costos y Presupuestos en Edificación (2003).

El diseño de mezcla seleccionado para nuestro ladrillo, es la proporción que da una resistencia de 175 kg/cm2 para mantenernos en el rango de 14 Mpa que indica la NTP 399.601.

Cuadro 16. Proporción seleccionada para la elaboración del ladrillo de concreto con fibra de PET.

F'c (kg/cm2)	a/c	Slump. Pulg.	T. Agregado (pulg)	Dosificación Volumen	Cemento	Arena	Piedra	Agua
					bls.	m3	m3	m3
175	0.51	3	1/2"	1 : 2.5 : 2.5	8.43	0.54	0.55	0.185

Fuente: CAPECO – Costos y Presupuestos en Edificación (2003).

Haciendo uso del cuadro 16 calculamos la cantidad de materiales para la elaboración de los ladrillos con diferentes porcentajes de agregado de fibra de PET, los cuales fueron los siguientes:

a) Especies con 0% de fibra de PET reciclado.

Cuadro 17. Cantidad de Material para la elaboración de ladrillos con 0% de fibra de PET.

VOLUMEN =	0.047 m3		Para 16 ladrillos			
CEMENTO	0.047	X	8.43	=	0.40	bls
ARENA	0.047	X	0.54	=	0.025	m3
CONFITILLO	0.047	X	0.55	=	0.0259	m3
AGUA	0.047	X	0.185	=	0.009	m3

En el cuadro 17 se muestra la cantidad material necesario para la elaboración de 16 ladrillos con 0% de fibra de PET, del cual se usara 0.40 bolsas de cemento, 0.025 m3 de arena, 0.0259 m3 de confitillo y 0.009 m3 de Agua.

b) Especies con 5% de fibra de PET reciclado.

Cuadro 18. Cantidad de Material para la elaboración de ladrillos con 5% de fibra de PET.

VOLUMEN =	0.047 m3		Para 16 ladrillos			
CEMENTO	0.047	x	8.43	=	0.40	bls
ARENA	0.047	x	0.54	=	0.025	m3
95% ARENA	95%	x	0.025	=	0.024	m3
5% PET	5%	x	0.025	=	0.001	m3
CONFITILLO	0.047	x	0.55	=	0.0259	m3
95% CONFITILLO	95%	x	0.0259	=	0.0246	m3
5% PET	5%	x	0.0259	=	0.0013	m3
AGUA	0.047	x	0.185	=	0.009	m3

Nota: Para la arena y confitillo solo usamos el 95%, ya que el otro 5% fue fibra de PET reciclado.

En el cuadro 18 se muestra la cantidad material necesario para la elaboración de 16 ladrillos con 5% de fibra de PET, del cual se usara 0.40 bolsas de cemento, 0.024 m³ de arena, 0.0246 m³ de confitillo, 0.0023 m³ de fibra de PET y 0.009 m³ de Agua.

c) Especies con 10% de fibra de PET reciclado.

Cuadro 19. Cantidad de Material para la elaboración de ladrillos con 10% de fibra de PET.

VOLUMEN =	0.047 m³	Para 16 ladrillos				
CEMENTO	0.047	x	8.43	=	0.40	bls
ARENA	0.047	x	0.54	=	0.025	m ³
90% ARENA	90%	x	0.025	=	0.023	m ³
10% PET	10%	x	0.025	=	0.003	m ³
CONFITILLO	0.047	x	0.55	=	0.0259	m ³
90% CONFITILLO	90%	x	0.0259	=	0.0234	m ³
10% PET	10%	x	0.0259	=	0.0026	m ³
AGUA	0.047	x	0.185	=	0.009	m ³

Nota: Para la arena y confitillo solo usamos el 90%, ya que el otro 10% fue fibra de PET reciclado.

En el cuadro 19 se muestra la cantidad material necesario para la elaboración de 16 ladrillos con 10% de fibra de PET, del cual se usará 0.40 bolsas de cemento, 0.023 m³ de arena, 0.0234 m³ de confitillo, 0.0056 m³ de fibra de PET y 0.009 m³ de Agua.

d) Especies con 15% de fibra de PET reciclado.

Cuadro 20. Cantidad de Material para la elaboración de ladrillos con 15% de fibra de PET.

VOLUMEN =	0.047 m3	Para 16 ladrillos				
CEMENTO	0.047	x	8.43	=	0.40	bls
ARENA	0.047	x	0.54	=	0.025	m3
85% ARENA	85%	x	0.025	=	0.022	m3
15% PET	15%	x	0.025	=	0.004	m3
CONFITILLO	0.047	x	0.55	=	0.0259	m3
85% CONFITILLO	85%	x	0.0259	=	0.0221	m3
15% PET	15%	x	0.0259	=	0.0039	m3
AGUA	0.047	x	0.185	=	0.009	m3

Nota: Para la arena y confitillo solo usamos el 90%, ya que el otro 10% fue fibra de PET reciclado.

En el cuadro 20 se muestra la cantidad material necesario para la elaboración de 16 ladrillos con 15% de fibra de PET, del cual se usará 0.40 bolsas de cemento, 0.022 m3 de arena, 0.0221 m3 de confitillo, 0.0079 m3 de fibra de PET y 0.009 m3 de Agua.

TOTAL:

Cuadro 21. Material Total para la elaboración de 64 ladrillos entre 0%, 5%, 10% y 15% Fibra de PET

MATERIAL TOTAL PARA LA ELABORACIÓN DE 64 LADRILLOS ENTRE 0%, 5%, 10% Y 15% DE FIBRA DE PET							
CEMENTO	1.6	Bls.	=	1.6			bls. (42.5 kg)
ARENA	0.094	m3	=	94	lit.	=	4.7 latas
CONFITILLO	0.0960	m3	=	96	lit.	=	4.8 latas
FIBRA DE PET	0.0154	m3	=	15	lit.	=	0.8 latas
AGUA	0.035	m3	=	35	lit.	=	1.7 latas

En el cuadro 21 mostramos el material total para la elaboración de 64 ladrillos entre 0%, 5%, 10% y 15% fibra de PET, del cual se usó 1.6 bolsas de cemento, 4.7 latas de arena, 4.8 latas de confitillo, 0.8 lata de PET y 1.7 latas de agua.

3.3.3. Curado y secado del ladrillo de concreto con fibra de PET

El proceso de curado y secado del ladrillo de concreto con Fibra de PET se realizó en 7 y 28 días respectivamente, tal y como se muestra a continuación.

- Ladrillo de concreto con 0% y 5% de Fibra de PET

CURADO Y SECADO DEL LADRILLO DE CONCRETO CON 0% Y 5% DE FIBRA DE PET			
INICIO : 07/05/2019		FIN : 03/06/2019	
Dia 1	7/05/2019	Dia 15	21/05/2019
Dia 2	8/05/2019	Dia 16	22/05/2019
Dia 3	9/05/2019	Dia 17	23/05/2019
Dia 4	10/05/2019	Dia 18	24/05/2019
Dia 5	11/05/2019	Dia 19	25/05/2019
Dia 6	12/05/2019	Dia 20	26/05/2019
Dia 7	13/05/2019	Dia 21	27/05/2019
Dia 8	14/05/2019	Dia 22	28/05/2019
Dia 9	15/05/2019	Dia 23	29/05/2019
Dia 10	16/05/2019	Dia 24	30/05/2019
Dia 11	17/05/2019	Dia 25	31/05/2019
Dia 12	18/05/2019	Dia 26	1/06/2019
Dia 13	19/05/2019	Dia 27	2/06/2019
Dia 14	20/05/2019	Dia 28	3/06/2019

Figura 3. Curado y secado del Ladrillo de concreto con 0% y 5% de fibra de PET.

En la figura 3 se muestra los días de curado y secado del ladrillo de concreto con 0% y 5% de fibra de PET, el cual la primera semana se siguió el proceso de curado que empezó el 07/05/2019 hasta el 13/05/2019 y finalizó con los 28 días de secado el 03/06/2019.

➤ Ladrillo de concreto con 10% y 15% de Fibra de PET

CURADO Y SECADO DEL LADRILLO DE CONCRETO CON 10% Y 15% DE FIBRA DE PET			
INICIO : 08/05/2019		FIN : 04/06/2019	
Dia 1	8/05/2019	Dia 15	22/05/2019
Dia 2	9/05/2019	Dia 16	23/05/2019
Dia 3	10/05/2019	Dia 17	24/05/2019
Dia 4	11/05/2019	Dia 18	25/05/2019
Dia 5	12/05/2019	Dia 19	26/05/2019
Dia 6	13/05/2019	Dia 20	27/05/2019
Dia 7	14/05/2019	Dia 21	28/05/2019
Dia 8	15/05/2019	Dia 22	29/05/2019
Dia 9	16/05/2019	Dia 23	30/05/2019
Dia 10	17/05/2019	Dia 24	31/05/2019
Dia 11	18/05/2019	Dia 25	1/06/2019
Dia 12	19/05/2019	Dia 26	2/06/2019
Dia 13	20/05/2019	Dia 27	3/06/2019
Dia 14	21/05/2019	Dia 28	4/06/2019

Figura 4. Curado y secado del Ladrillo de concreto con 10% y 15% de fibra de PET.

En la figura 4 se muestra los días de curado y secado del ladrillo de concreto con 10% y 15% de fibra de PET, el cual la primera semana se siguió el proceso de curado que empezó el 08/05/2019 hasta el 15/05/2019 y finalizó con los 28 días de secado el 04/06/2019.

3.4. Resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto con fibra de PET

El ensayo a compresión de los ladrillos de concreto se encuentran normados por la NTP 399.601 y NTP 399.604, El cual se realizó después de un tiempo de 7 días de curado y 28 días de secado para su posterior evaluación de resistencia.

En el cuadro 22 se muestra la selección de resultados de 3 ladrillos por cada grupo con diferente porcentaje de agregado de fibra de PET (0% ladrillo convencional, 5%, 10% y 15% ladrillo con adición de fibra de PET) , ya que según la NTP 399.601, solo necesitamos 3 valores para obtener la resistencia a compresión promedio de los ladrillos de concreto.

Cuadro 22. Ensayo de Resistencia a Compresión – NTP 399.601 y NTP 399.604

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN - NTP 399.601 Y NTP 399.604						
	MUESTRA DE LADRILLO	% de fibra de PET	Fuerza de Compresión (Kg)	Área (cm²)	Resistencia a Compresión (Kg/cm²)	Promedio
GRUPO PATRÓN (0% PET)	LI2	0%	44220.00	303.77	145.57	144.02
	LI3		43680.00	303.77	143.79	
	LI4		43350.00	303.77	142.71	
GRUPO 2 (5% PET)	LII2	5%	47740.00	303.77	157.16	155.11
	LII3		50170.00	303.77	165.16	
	LII4		43440.00	303.77	143.00	
GRUPO 3 (10% PET)	LIII1	10%	48360.00	303.77	159.20	161.76
	LIII2		50680.00	303.77	166.84	
	LIII3		48370.00	303.77	159.23	
GRUPO 4 (15% PET)	LIV2	15%	49950.00	303.77	164.43	168.38
	LIV3		52630.00	303.77	173.26	
	LIV4		50870.00	303.77	167.46	

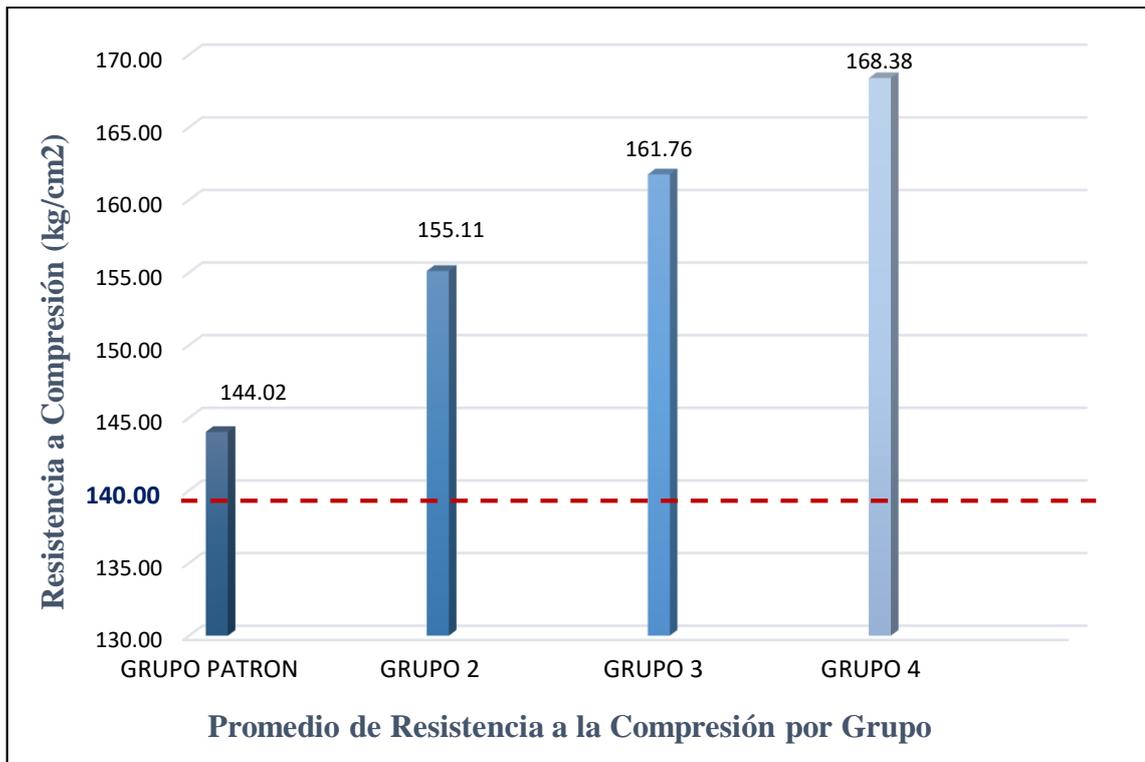


Figura 5. Valores Promedio de Resistencia a Compresión de los ladrillos por grupo.

En la figura 10 Se muestra los valores promedio de los ladrillos de concreto por grupo con diferente porcentaje de agregado de fibra de PET (0%, 5%, 10% y 15 %), del cual el grupo patrón (0% fibra de PET) obtuvo 144.02 kg/cm², el grupo 2 (5% fibra de PET) obtuvo 155.11 kg/cm², el grupo 3 (10% fibra de PET) obtuvo 161.76 kg/cm² y el grupo 4 (15% fibra de PET) obtuvo 168.38 kg/cm². Como observamos la mayor resistencia la obtuvo el grupo 4 con 15% de fibra de PET, es decir el ladrillo elaborado con el rango de 0 al 15% de PET, muestra un crecimiento en su resistencia a compresión, no obstante como es característica del concreto a medida que se adicione más fibra de PET puede que la resistencia a compresión disminuya por el exceso de PET en la composición del ladrillo y no cumplirá con la resistencia requerida según la NTP 399.601.

En el anexo 9 (figuras 33 y 34), se muestra los valores de resistencia a compresión que fueron obtenidos en el laboratorio de concreto y materiales de construcción de la empresa GECONSAC.

3.5. Absorción de los Ladrillos de Concreto con Fibra de PET.

El ensayo de absorción de los ladrillos de concreto se encuentra normado por la NTP 399.601 y NTP 399.604, El cual fue realizado después de poner los ladrillos en el agua por 24 horas (1 día) y tener el peso saturado de cada muestra, posteriormente se pusieron al horno cada muestra y pasamos a tener un peso seco que fueron necesarios para su posterior evaluación de absorción.

En el cuadro 23 se muestran los resultados del ensayo de absorción de 3 ladrillos por cada grupo con diferente porcentaje de fibra de PET (0% ladrillo convencional, 5%, 10% y 15% ladrillos con adición de fibra de PET), ya que según la NTP 399.601 solo se requiere de 3 valores para obtener la absorción promedio de los ladrillos de concreto.

Cuadro 23. Ensayo de Absorción – NTP 399.601 y NTP 399.604

ENSAYO DE ABSORCIÓN - NTP 399.601 Y NTP 399.604						
	Muestra de Ladrillo	% de Fibra de PET	Peso Saturado (Kg)	Peso Seco (Kg)	Absorción (%)	Promedio
GRUPO PATRÓN	LI1	0%	6.55	6.215	5.39	5.26
	LI2		6.515	6.225	4.66	
	LI3		6.452	6.102	5.74	
GRUPO 2	LII1	5%	6.348	6.075	4.49	4.46
	LII2		6.172	5.895	4.70	
	LII4		6.507	6.245	4.20	
GRUPO 3	LIII1	10%	6.223	5.995	3.80	3.60
	LIII2		6.103	5.897	3.49	
	LIII3		6.264	6.052	3.50	
GRUPO 4	LIV1	15%	6.076	5.888	3.19	3.20
	LIV2		6.046	5.864	3.10	
	LIV4		5.873	5.685	3.31	

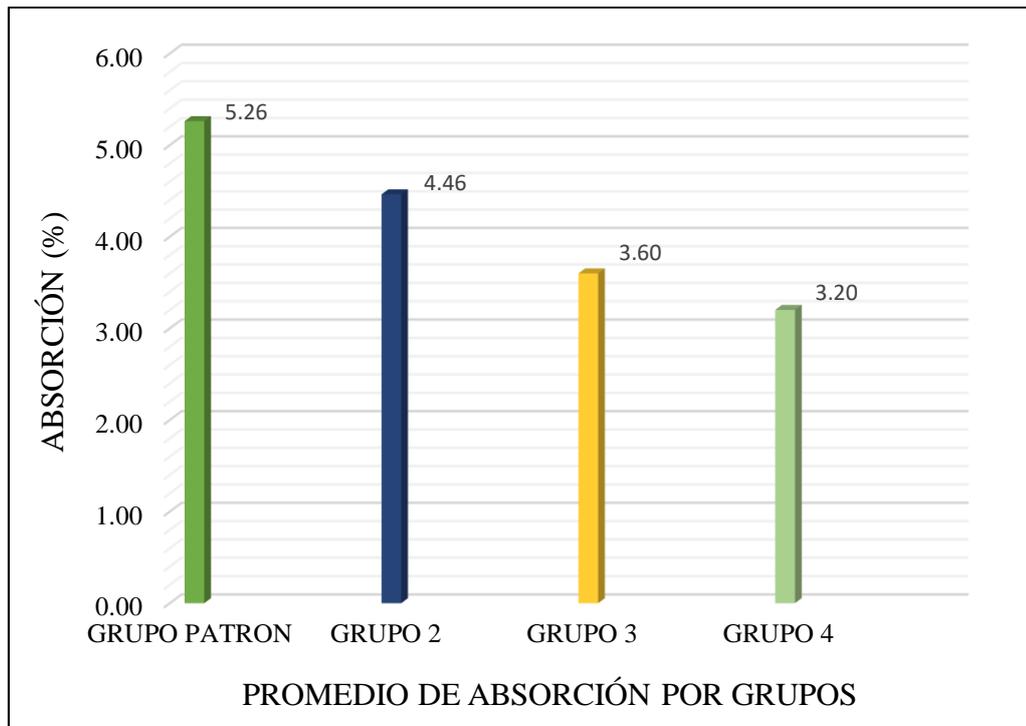


Figura 6. Valores promedio de absorción de los ladrillos de concreto con fibra de PET por grupo de estudio.

En la figura 6 se muestra los valores promedio de absorción de los ladrillos de concreto con fibra de PET por grupo de estudio con diferente porcentaje de agregado de fibra de PET (0%, 5%, 10% y 15%), del cual el grupo patrón (0% fibra de PET) obtuvo 5.26%, el grupo 2 (5% fibra de PET) obtuvo 4.46%, el grupo 3 (10% fibra de PET) obtuvo 3.60% y el grupo 4 (15% fibra de PET) obtuvo 3.20% de absorción. Como observamos la que obtuvo menor capacidad de absorción es el grupo 4 (15% de fibra de PET) con 3.20% de absorción de agua, caso contrario del grupo patrón que obtuvo un mayor porcentaje de absorción de 5.26%, del cual podemos decir que los resultados se mantiene dentro del marco normativo $\leq 12\%$ según la NTP 399.601 y que a medida que se le adiciona fibra de PET reciclada, la capacidad a la absorción va a ir reduciendo.

En el anexo 14 (figura 35), se muestra los valores absorción que fueron obtenidos en el laboratorio de concreto y materiales de construcción de la empresa GECONSAC.

3.6. Ensayos Complementarios del Ladrillo de concreto con Fibra de PET

3.6.1. Variabilidad Dimensional del Ladrillo de Concreto con Fibra de PET

El ensayo de Variabilidad dimensional de los ladrillos de concreto se encuentra normado por la NTP 399.613, El cual fue realizado después de medir las dimensiones largo, ancho y alto de cada una de las muestras, para su posterior evaluación de cuanto es lo que varía en relación a las medidas dadas por el fabricante.

Cuadro 24. Ensayo de Variabilidad Dimensional – NTP 399.613

ENSAYO DE VARIABILIDAD DIMENSIONAL - NTP 399.613					
	Muestra de Ladrillo	% de Fibra de PET	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)
FABRICANTE	-	-	240	130	90
GRUPO PATRÓN	LI1	0%	245.000	131.000	95.000
	LI2		241.000	130.000	91.000
	LI4		238.000	131.000	92.000
PROMEDIO			241.333	130.667	92.667
VARIACIÓN (%)			-0.556	-0.513	-2.963
Coeficiente de variación			-1.333	-0.667	-2.667
GRUPO 2	LII1	5%	238.000	130.000	92.000
	LII2		240.000	131.000	91.000
	LII4		241.000	130.000	92.000
PROMEDIO			239.667	130.333	91.667
VARIACIÓN (%)			0.139	-0.256	-1.852
Coeficiente de variación			0.333	-0.333	-1.667
GRUPO 3	LIII1	10%	239.000	130.000	92.000
	LIII2		236.000	129.000	91.000
	LIII4		238.000	128.000	92.000
PROMEDIO			237.667	129.000	91.667
VARIACIÓN (%)			0.972	0.769	-1.852
Coeficiente de variación			2.333	1.000	-1.667
GRUPO 4	LIV1	15%	238.000	129.000	91.000
	LIV3		239.000	131.000	93.000
	LIV4		241.000	130.000	92.000
PROMEDIO			239.333	130.000	92.000
VARIACIÓN (%)			0.278	0.000	-2.222
Coeficiente de variación			0.667	0.000	-2.000

En el cuadro 24 se muestran los resultados del ensayo de variabilidad Dimensional de igual manera a los ensayos de resistencia a compresión y absorción de los ladrillos de concreto, en el que seleccionamos 3 datos por cada grupo con diferente porcentaje de fibra de PET (0% ladrillo convencional, 5%, 10% y 15% ladrillos con adición de fibra de PET), para obtener la variabilidad dimensional promedio de cada uno.

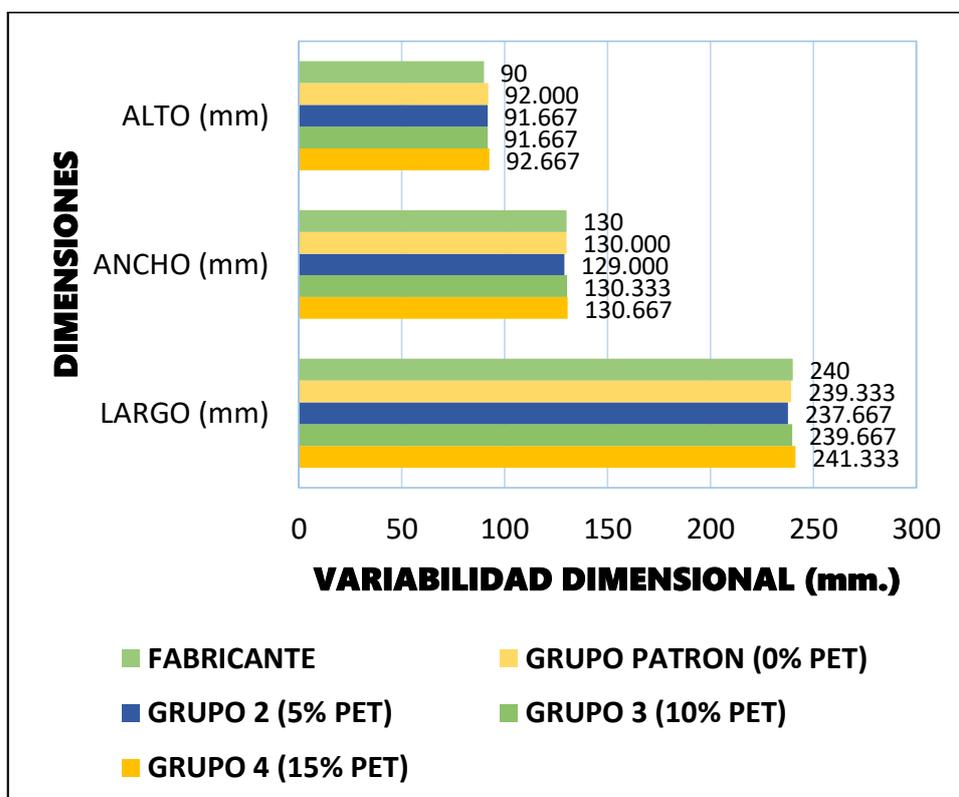


Figura 7. Valores promedio de Variabilidad dimensional de los ladrillos de concreto con fibra de PET por grupo de estudio.

En la figura 7 se muestra los valores promedio de variabilidad dimensional de los ladrillos de concreto con fibra de PET por grupo de estudio, del cual las dimensiones del grupo patrón fueron 239.33mm x 130.00 mm x 92.00 mm, las dimensiones del grupo 2 (5% PET) fueron 237.67 mm x 129.00 mm x 91.67 mm, las dimensiones del grupo 3 (10% PET) fueron 239.67 mm x 130.33 mm x 91.67 mm y las dimensiones del grupo 4 fueron 241.33 mm x 130.67 mm x 92.67 mm.

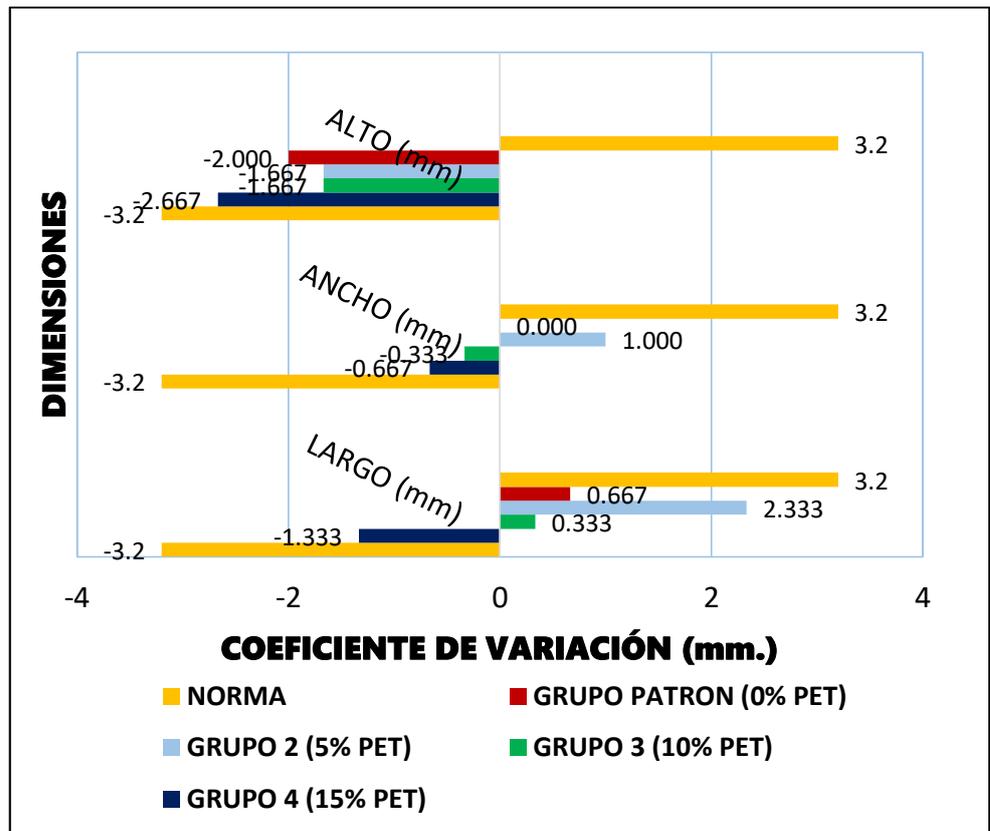


Figura 8. Valores de Coeficiente de Variación de los ladrillos de concreto con fibra de PET por grupo de estudio, de acuerdo a NTP 399.601.

En la figura 8 se muestra los valores de coeficiente de variación de los ladrillos de concreto con fibra de PET por grupo de estudio, de acuerdo a norma NTP 399.601. El cual nos da como variación permisible un rango de ± 3.2 mm, los coeficientes de variación del grupo patrón fueron +0.667 mm de largo, 0.00 mm de ancho y -2.00 mm de alto, los coeficientes de variación del grupo 2 fueron +2.33 mm de largo, 1.00 mm de ancho y -1.67 mm de alto, los coeficientes de variación del grupo 3 fueron +0.33 mm de alto, -0.33 mm de ancho y -1.67 mm de alto y los coeficientes de variación del grupo 4 fueron -1.33 mm de alto, -0.67 mm de ancho y -2.67 mm de alto. De los cuales como se ve todas las dimensiones cumplieron con la variación permisible que indica la NTP. 399.601.

En el anexo 12 (figura 24), se muestra los valores de variabilidad dimensional de todas las muestras de ladrillo de concreto con fibra de PET, de acuerdo a la NTP 399.613.

3.6.2. Alabeo del Ladrillo de Concreto con Fibra de PET

El ensayo de Alabeo de los ladrillos de concreto se encuentra normado por la NTP 399.613, el cual fue realizado después de medir la concavidad y convexidad máxima en las caras de cada muestra de ladrillo, para su posterior evaluación de cuanto es el promedio en cuanto a alabeo que presenta cada unidad.

Cuadro 25. Ensayo de Alabeo – NTP 399.613

ENSAYO DE ALABEO - NTP 399.613				
	Muestra de Ladrillo	% de Fibra de PET	ALABEO (mm)	PROMEDIO (mm)
GRUPO PATRÓN (0% PET)	LI1	0%	1.5	2.08
	LI2		2.3	
	LI4		2.43	
GRUPO 2 (5% PET)	LII1	5%	2.47	2.29
	LII2		1.9	
	LII4		2.5	
GRUPO 3 (10% PET)	LIII1	10%	2.17	2.11
	LIII2		2.23	
	LIII4		1.93	
GRUPO 4 (15% PET)	LIV1	15%	2.9	2.84
	LIV2		3.2	
	LIV4		2.43	

En el cuadro 25 se muestran los resultados del ensayo de alabeo de igual manera que los ensayos de resistencia a compresión y absorción de los ladrillos de concreto, en el que seleccionamos 3 datos por cada grupo con diferente porcentaje de fibra de PET (0% ladrillo convencional, 5%, 10% y 15% ladrillos con adición de fibra de PET), para obtener el alabeo promedio de cada uno.

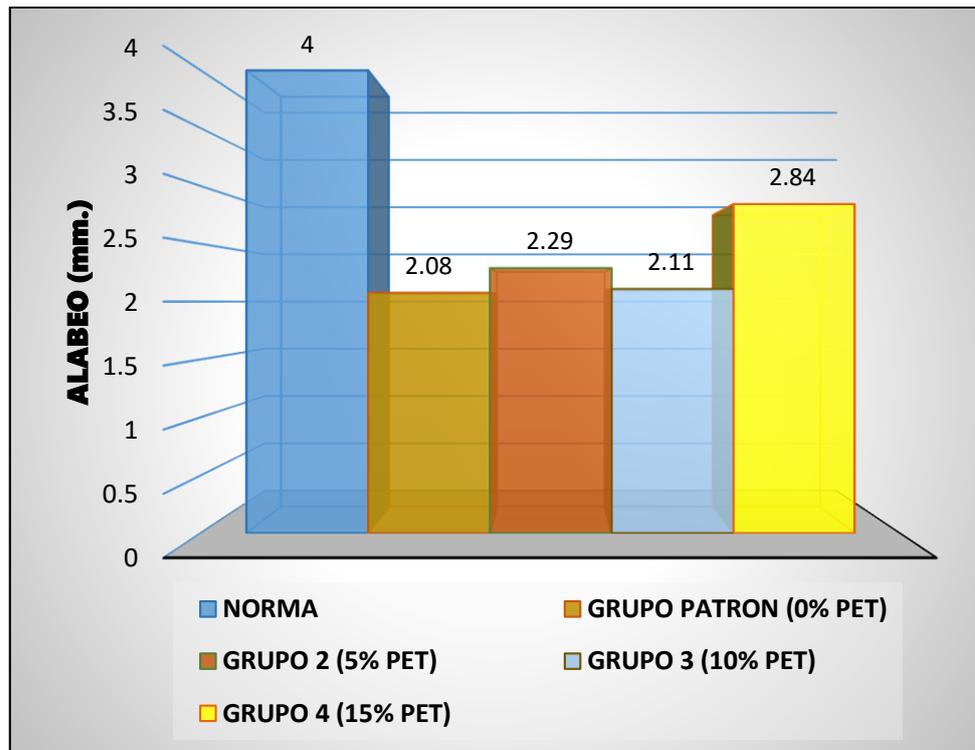


Figura 9. Valores de alabeo promedio de los ladrillos de concreto con fibra de PET, por grupo de estudio, de acuerdo a NTE E070.

En la figura 9 se muestra los valores de alabeo promedio de los ladrillos de concreto con fibra de PET, por grupo de estudio de acuerdo a NTE E070, el cual indica que el alabeo máximo permisible que debe tener el ladrillo es de 4mm. El grupo de estudio con menor alabeo fue el grupo patrón con 2.08 mm, seguido del grupo 3 y grupo 2 con 2.11 mm y 2.29 mm de alabeo, el que obtuvo mayor cantidad de alabeo fue el grupo 4 con 2.84 mm.

En el anexo 12 (figura 25), se muestra los valores de alabeo de todas las muestras de ladrillo de concreto con fibra de PET, de acuerdo a la NTE E070.

3.6.3. Eflorescencia del Ladrillo de Concreto con Fibra de PET

El ensayo de eflorescencia de los ladrillos de concreto se encuentra normado por la NTP 399.613, El cual fue realizado colocando los ladrillos en una tina con agua destilada de 2.5 cm. de espejo de agua y con una separación entre ladrillos de 5 cm, este ensayo fue realizado por un periodo de 7 días para su posterior evaluación de eflorescencia que presenta cada muestra.

Cuadro 26. Ensayo de Eflorescencia – NTP 399.613

ENSAYO DE EFLORESCENCIA - NTP 399.613						
	Muestra de Ladrillo	% de Fibra de PET	Eflorescencia Alta	Eflorescencia Media	Eflorescencia Baja	PROMEDIO
GRUPO PATRÓN (0% PET)	LI1	0%			x	Eflorescencia Baja
	LI2				x	
	LI4				x	
GRUPO 2 (5% PET)	LII1	5%			x	Eflorescencia Baja
	LII3			x		
	LII4				x	
GRUPO 3 (10% PET)	LIII1	10%		x		Eflorescencia Media
	LIII3			x		
	LIII4			x		
GRUPO 4 (15% PET)	LIV1	15%		x		Eflorescencia Media
	LIV2		x			
	LIV4			x		

En el cuadro 26 se muestran los resultados del ensayo de eflorescencia de igual manera que los ensayos de resistencia a compresión y absorción de los ladrillos de concreto, en el que seleccionamos 3 datos por cada grupo con diferente porcentaje de fibra de PET (0% ladrillo convencional, 5%, 10% y 15% ladrillos con adición de fibra de PET), de los cuales el grupo patrón y el grupo 2 obtuvieron una Eflorescencia baja y el grupo 3 y grupo 4 obtuvieron una eflorescencia media.

En el anexo 12 (figura 26), se muestra los resultados de eflorescencia de todas las muestras de ladrillo de concreto con fibra de PET, de acuerdo a la NTP. 399.613.

3.6.4. Peso del Ladrillo de Concreto con Fibra de PET.

El ensayo de peso de los ladrillos de concreto se encuentra normado por la NTP 399.613, El cual fue realizado pesando cada muestra de los diferentes grupo de estudio del ladrillo de concreto en una balanza y obteniendo el peso correspondiente para su posterior evaluación.

Cuadro 27. Ensayo de Peso – NTP 399.613

ENSAYO DE PESO - NTP 399.613				
	Muestra de Ladrillo	% de Fibra de PET	PESO (Kg)	PROMEDIO
GRUPO PATRÓN (0% PET)	LI1	0%	6.425	6.327
	LI2		6.228	
	LI4		6.327	
GRUPO 2 (5% PET)	LII1	5%	6.251	6.286
	LII2		6.153	
	LII4		6.453	
GRUPO 3 (10% PET)	LIII1	10%	6.275	6.217
	LIII2		6.227	
	LIII4		6.150	
GRUPO 4 (15% PET)	LIV1	15%	6.175	6.210
	LIV2		6.205	
	LIV4		6.250	

En el cuadro 27 se muestran los resultados del ensayo de Peso de igual manera que los ensayos de resistencia a compresión y absorción de los ladrillos de concreto, en el que seleccionamos 3 datos por cada grupo con diferente porcentaje de fibra de PET (0% ladrillo convencional, 5%, 10% y 15% ladrillos con adición de fibra de PET), para obtener el peso promedio de cada uno.

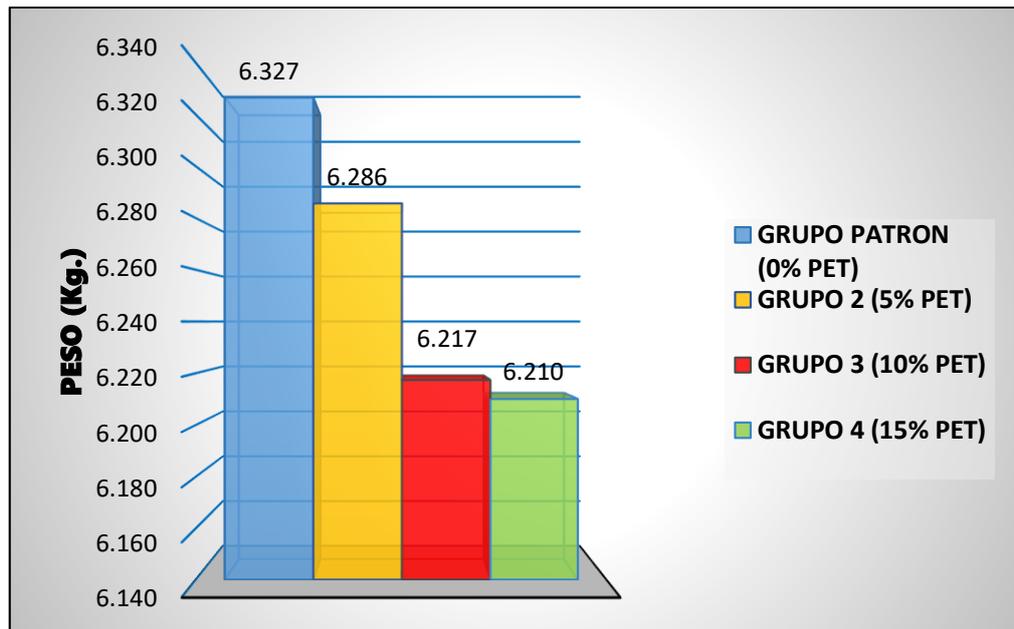


Figura 10. Valores de Peso promedio de los ladrillos de concreto con fibra de PET, por grupo de estudio

En la figura 10 se muestran los valores de peso promedio de los ladrillos de concreto con fibra de PET, por grupo de estudio, de los cuales el grupo 4 obtuvo menor peso con 6.210 kg, el grupo 3 obtuvo 6.217 kg, el grupo 2 obtuvo 6.286 kg y el grupo patrón obtuvo 6.327 kg, del que podemos decir que a medida que se le incrementa fibra de PET al ladrillo, este reducirá su peso.

En el anexo 12 (figura 27), se muestra los resultados de Peso de todas las muestras de ladrillo de concreto con fibra de PET, de acuerdo a la NTP. 399.613.

3.7. Análisis de Precios del Ladrillo de Concreto con Fibra de PET

Para el análisis de precios de los ladrillos de concreto con fibra de PET, se analizó cuanto es el material necesario que se utilizará para la elaboración de un millar de ladrillos con fibra de PET por cada grupo de estudio (0%, 5%, 10% Y 15% PET) y ver cuánto es el costo total que se deberá tener en cuenta para la elaboración de cada grupo.

Cuadro 28. Precio por millar de Ladrillos con 0% de Fibra de PET

PRECIO POR MILLAR DE LADRILLOS CON 0% DE FIBRA DE PET					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S.)
CEMENTO	Bls	25	22.5	562.5	718.00
ARENA	m3	1.6	41.5	66.4	
CONFITILLO	m3	1.62	50.3	81.49	
AGUA	m3	0.6	12.69	7.614	

En el cuadro 28 se muestra el precio por millar de los ladrillos de concreto con 0% de fibra de Pet, del cual se necesita 25 bolsas de cemento, 1.6 m3 de arena, 1.62 m3 de confitillo y 0.6 m3 de agua, cuyos precios unitarios fueron, el cemento S/22.50, arena S/41.50, confitillo S/ 50.30 y agua S/12.69, haciendo un precio total de S/718.00 por un millar de ladrillos con 0% de PET.

Cuadro 29. Precio por millar de Ladrillos con 5% de fibra de PET

PRECIO POR MILLAR DE LADRILLOS CON 5% DE FIBRA DE PET					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S.)
CEMENTO	Bls	25	22.5	562.5	779.83
ARENA	m3	1.5	41.5	62.25	
CONFITILLO	m3	1.54	50.3	77.462	
PET	kg	28	2.5	70	
AGUA	m3	0.6	12.69	7.614	

En el cuadro 29 se muestra el precio por millar de los ladrillos de concreto con 5% de fibra de Pet, del cual se necesita 25 bolsas de cemento, 1.5 m3 de arena, 1.54 m3 de confitillo, 28 kg de Fibra de PET y 0.6 m3 de agua, cuyos precios unitarios fueron, el cemento S/22.50, arena S/41.50, confitillo S/ 50.30, fibra de PET S/ 2.50 y agua S/12.69, haciendo un precio total de S/779.83 por un millar de ladrillos con 5% de PET.

Cuadro 30. Precio por millar de ladrillos con 10% de Fibra de PET

PRECIO POR MILLAR DE LADRILLOS CON 10% DE FIBRA DE PET					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S.)
CEMENTO	Bls	25	22.5	562.5	841.65
ARENA	m3	1.4	41.5	58.1	
CONFITILLO	m3	1.46	50.3	73.438	
PET	kg	56	2.5	140	
AGUA	m3	0.6	12.69	7.614	

En el cuadro 30 se muestra el precio por millar de los ladrillos de concreto con 10% de fibra de PET, del cual se necesita 25 bolsas de cemento, 1.4 m3 de arena, 1.46 m3 de confitillo, 56 kg de Fibra de PET y 0.6 m3 de agua, cuyos precios unitarios fueron, el cemento S/.22.50, arena S/.41.50, confitillo S/. 50.30, fibra de PET S/. 2.50 y agua S/.12.69, haciendo un precio total de S/.841.65 por un millar de ladrillos con 5% de PET.

Cuadro 31. Precio por millar de ladrillos con 15% de Fibra de PET

PRECIO POR MILLAR DE LADRILLOS CON 15% DE FIBRA DE PET					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S.)
CEMENTO	Bls	25	22.5	562.5	905.55
ARENA	m3	1.35	41.5	56.025	
CONFITILLO	m3	1.38	50.3	69.414	
PET	kg	84	2.5	210	
AGUA	m3	0.6	12.69	7.614	

En el cuadro 31 se muestra el precio por millar de los ladrillos de concreto con 15% de fibra de Pet, del cual se necesita 25 bolsas de cemento, 1.35 m3 de arena, 1.38 m3 de confitillo, 84 kg de Fibra de PET y 0.6 m3 de agua, cuyos precios unitarios fueron, el cemento S/.22.50, arena S/.41.50, confitillo S/. 50.30, fibra de PET S/. 2.50 y agua S/.12.69, haciendo un precio total de S/.905.55 por un millar de ladrillos con 5% de PET.

Cuadro 32. Precios por grupo de Estudio del Ladrillo de Concreto con fibra de PET.

PRECIOS POR GRUPO DE ESTUDIO DEL LADRILLO DE CONCRETO CON FIBRA DE PET		
GRUPOS DE ESTUDIO	PRECIO S/. (Millar)	PRECIO S/. (Unidad)
Ladrillos Con 0% Fibra De Pet	718.00	0.73
Ladrillos Con 5% Fibra De Pet	779.83	0.78
Ladrillos Con 10% Fibra De Pet	841.65	0.84
Ladrillos Con 15% Fibra De Pet	905.55	0.90

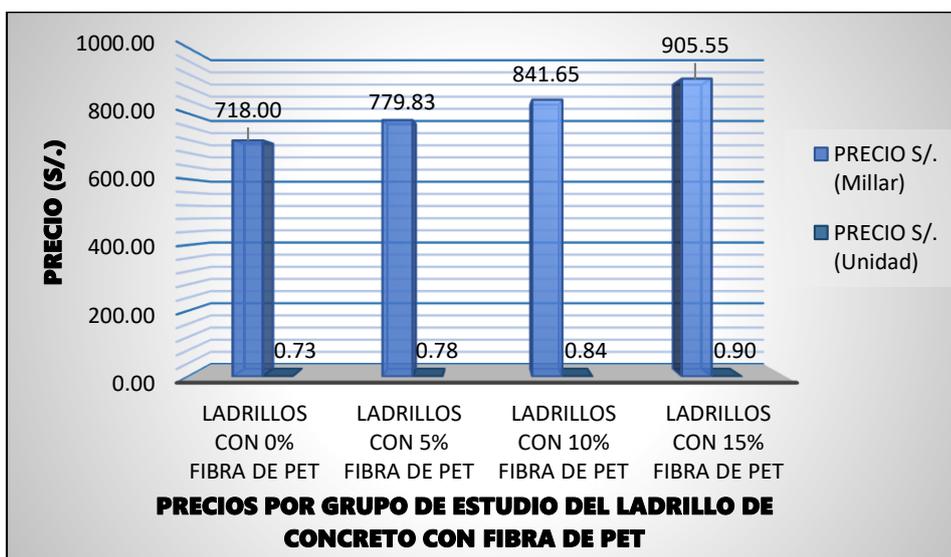


Figura 11. Precios por grupo de estudio del ladrillo de concreto con fibra de PET.

En el cuadro 32 se muestra los precios por grupo de estudio del ladrillo de concreto con fibra de PET, del cual se presentan tanto precio por millar como precio por unidad de cada uno de los grupos, los ladrillos con 0% fibra de PET tienen como precio por millar S/. 718.00 y por unidad S/. 0.73, los ladrillos con 5% fibra de PET tienen como precio por millar S/. 779.83 y por unidad S/. 0.78, los ladrillos con 10% fibra de PET tienen como precio por millar S/. 841.65 y por unidad S/. 0.84 y los ladrillos con 15% fibra de PET tienen como precio por millar S/. 905.55 y por unidad S/. 0.90. En la figura 11 se muestra la comparación de precios entre los diferentes grupos de estudio, del cual el grupo con 15% de PET es el que tiene más costo tanto en precio por millar (S/. 905.55) como en precio por unidad (S/. 0.90) en consideración del grupo con 0% fibra de PET que es el que tiene el menor costo de todos y con esto podemos decir que a medida que se le incrementa la fibra de PET, el ladrillo de concreto aumentará su precio.

3.8. Verificación de la Hipótesis del Proyecto

De acuerdo a los ensayos realizados de resistencia a compresión y absorción, además de ensayos complementarios (Variabilidad dimensional, alabeo, eflorescencia y peso), los ladrillos con el agregado de fibra de PET, cumplen con la NTE E.070 y la NTP 399.601 para fines estructurales. De los cuales los clasificamos según su clase y tipo que dan ambas normas como se muestra en el cuadro 27.

Cuadro 33. Clasificación de los ladrillos de concreto con fibra de PET según NTE. E.070 y NTP 399.601.

LADRILLOS	CLASIFICACIÓN	
	NTE. E.070	NTP. 399.601
Ladrillos de concreto con 0% fibra de PET	Clase IV	Tipo 14
Ladrillos de concreto con 5% fibra de PET	Clase IV	Tipo 14
Ladrillos de concreto con 10% fibra de PET	Clase IV	Tipo 14
Ladrillos de concreto con 15% fibra de PET	Clase IV	Tipo 14

Los ladrillos de concreto con agregado de fibra de PET se encasillan en la clase IV (ya que estos tienen una resistencia mayor a 130kg/cm² según NTE. E.070) y tipo 14 (resistencia mayor a 142.76 kg/cm² según NTP. 399.601), en el que nuestro ladrillo patrón con 0% fibra de PET alcanzó una resistencia a compresión de 144.06 kg/cm² y el ladrillo con 15% fibra de PET alcanzó la máxima resistencia a compresión de los otros grupo con 168.38 kg/cm². Del mismo modo con la absorción de nuestro ladrillo patrón con 0% fibra de PET que obtuvo un porcentaje de absorción de 5.26% y nuestro ladrillo con 15% fibra de PET que obtuvo la absorción mínima de los otros grupos con 3.20%, manteniéndose bajo nuestras normas que indican que la absorción debe ser menor o igual al 12%.

Por lo cual con esto afirmamos que nuestra hipótesis fue correcta, ya que el agregado de fibra de PET mejora tanto en resistencia a compresión como en absorción en los ladrillos de concreto y además cumplen con los requerimientos exigidos según la NTE. E.070 y NTP 399.601.

IV. DISCUSIÓN

Los ladrillos de concreto con fibra de PET que se elaboraron en este proyecto de investigación, cumplen con lo establecido por las normas peruanas vigentes como lo son la norma E.070 (Albañilería) y la Norma Técnica Peruana 399-601 (Ladrillos de concreto: Requisitos), además son capaces de disminuir el nivel de contaminación ambiental que se genera con las botellas de plástico al ser reutilizados como agregado en la elaboración de estos ladrillos.

Durante la recolección de datos de nuestro proyecto obtuvimos los siguientes resultados:

Ensayos de los agregados:

Estos ensayos se realizaron bajo las normas ASTM C136 y NTP 400.02 AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, la ASTM D-2216 y NTP 339.185 AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, la ASTM C-29 y NTP 400.017 AGREGADOS: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado y la NTP 400.022 AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, en el laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad César Vallejo de Trujillo. El módulo de fineza que se obtuvo fue de 2.454, esto cumple los rangos de la ASTM C136 y NTP 400.012 (2.30 a 3.15), además también se obtuvieron los valores de contenido de humedad, peso unitario suelto, peso unitario compactado, el peso específico de la masa, peso específico de masa saturado parcialmente seco, peso específico aparente y absorción, verificando que estén bajo los rangos que mandan las normas vigentes. Será importante realizar estos ensayos para así conocer si los materiales a utilizar cumplen con lo establecido por las normas y de esta manera garantizar un óptimo diseño de mezcla, garantizando así la calidad del ladrillo a elaborar.

Diseño de mezcla:

Para el diseño de mezcla se tuvo en cuenta el cuadro 15 donde se muestra las proporciones usualmente utilizadas en construcciones - cantidad de materiales por m³ de concreto, según CAPECO - Costos y Presupuestos en Edificación. (2003). Las dimensiones del ladrillo que se elaboró son 24cm (largo), 13cm (ancho) y 9cm (alto), dando su volumen unitario más porcentaje de desperdicio (5%) es 0.0029 m³. La resistencia de diseño a 28 días es de 175 kg/cm² y la dosificación en volumen es 1:2.5:2.5. Sin embargo, Echeverría (2017), realizó

su diseño de mezclas con el método ACI obteniendo una dosificación de 1:5.5:2.5, tomando en cuenta las propiedades de los agregados finos y gruesos, ya que este método se utiliza para dosificar mezclas en volumen de concreto estructural o no estructural, en función a la resistencia requerida. Coincidimos con Echevarría en realizar el diseño de mezcla por volumen y no por peso (10kg) como lo hizo Reyna (2016) en su tesis.

Resistencia a la Compresión:

El ensayo de resistencia a compresión lo realizamos bajo la NTP 399.601 Ladrillos de concreto. Requisitos y la NTP 399.604 Métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañilería de concreto, en el laboratorio de concreto y materiales de construcción de la empresa GECONSAC. En el cuadro 22, se observa los 3 datos de resistencia a compresión seleccionados con mayor valor obtenidos en los ensayos de laboratorio de los ladrillos de concreto, del grupo I o patrón, grupo II, grupo III y grupo IV, evaluados a la edad de 28 días, se aprecia que los grupos con adición de PET en promedio obtienen mayor resistencia que el grupo patrón, además el ladrillo con la adición de PET que obtuvo mayor resistencia a compresión en promedio es el grupo IV (15% PET) con 168.38 kg/cm² aumentando la resistencia en un 17% con respecto a lo obtenido con el grupo patrón. Caso contrario lo sucedido con los resultados que obtuvo Echeverría (2017), puesto que concluyó que el grupo patrón obtuvo la mayor resistencia a compresión con un valor de 161.96 kg/cm² y a medida que adicionaba el PET en su mezcla la resistencia disminuía obteniendo así en el grupo 4 con 9% de PET una resistencia de 110.46 kg/cm² disminuyendo en 32% la resistencia. Esto difiere con nuestros resultados, debido a que nuestro ladrillo de concreto se clasifica según NTP 399.604 como tipo 14 con uso general de moderada resistencia a la compresión. Nuestros resultados ratifican nuestra hipótesis planteada pues se confirma que al adicionar el PET en la mezcla para elaborar los ladrillos de concreto aumenta la resistencia a la compresión.

Capacidad de Absorción:

El ensayo de absorción lo realizamos bajo la NTP 399.601 Ladrillos de concreto. Requisitos y la NTP 399.604 Métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañilería de concreto, en el Laboratorio de concreto y materiales de construcción de la empresa GECONSAC. En el cuadro 23 se observa los 3 datos de absorción seleccionados con mayor valor obtenidos en los ensayos de laboratorio y en la figura 6, se muestra los valores mínimos, promedios y

máximos de la absorción de los ladrillos de concreto, del grupo I o patrón, grupo II, grupo III y grupo IV, evaluados a la edad de 28 días, se aprecia que los grupos con adición de PET en promedio obtienen menor absorción que el grupo patrón, además el ladrillo con la adición de PET que obtuvo menor absorción es el grupo IV (15% PET) con 3.20%, por ello el grupo con porcentaje de PET más adecuado y que no genera mucha capacidad de absorción en el ladrillo es el grupo IV (15% PET). Por otra parte Echeverría (2017), en su investigación obtiene que el ladrillo presenta 10.83% de absorción, esto debido a que el porcentaje de PET que proporciona es en forma de polvo en diferencia de nuestra investigación ya que obtenemos menos absorción, debido a que en nuestra dosificación utilizamos el PET en forma de hojuelas. Por otro lado, en la figura 6, se observa que con respecto al grupo patrón, el grupo IV (15% PET) disminuye su absorción en un 39.163%.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó los ensayos respectivos a los agregados que se usaron para la elaboración de los ladrillos con fibra de PET, del cual el análisis granulométrico cumplió con las condiciones establecidas por la NTP. 400.012 (2001) y ASTM C136. El módulo de fineza fue 2.45, el contenido de humedad fue 0.77%, el peso unitario seco fue 1686.72 kg/m³ con 33.26% de porcentaje de vacíos, el peso unitario compactado fue 1789.16 kg/m³ con 29.21% de porcentaje de vacíos y la absorción del agregado fue de 2.27%.
- Se determinó el diseño de mezcla para la elaboración del ladrillo de concreto con fibra de PET, en el que la resistencia de diseño seleccionada fue 175 kg/cm² del cuadro de dosificaciones según CAPECO, cuya dosificación es 1:2.5:2.5, que se usó en la elaboración de los ladrillos de concreto con fibra de PET.
- Se determinó la resistencia a compresión de los ladrillos de concreto con fibra de PET, de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio, el grupo patrón (0% fibra de PET) obtuvo una resistencia a compresión de 144.02 kg/cm², y el que obtuvo mayor resistencia a compresión de todos los grupos de estudio, fue el grupo 4 (15% fibra de PET) con 168.38 kg/cm².
- Se determinó la absorción de los ladrillos de concreto con fibra de PET, de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio, del cual el grupo que obtuvo menos absorción fue el grupo 4 (15% fibra de PET) con 3.20%, y el que obtuvo la mayor cantidad de absorción fue el grupo patrón (0% fibra de PET) con 5.26%.
- Se determinó los ensayos complementarios (variabilidad dimensional, alabeo, peso y eflorescencia) de los ladrillos de concreto con fibra de PET, en lo que respecta a variabilidad dimensional, los grupos de estudio con 0%, 5%, 10% y 15% fibra de PET cumplieron con la uniformidad requerida por la norma, del cual el grupo que varió menos en sus tres dimensiones fue el grupo 3 (10% fibra de PET) y el que varió más en sus tres dimensiones fue el grupo 2 (5% fibra de PET). En cuanto a alabeo, el grupo de estudio que obtuvo menor cantidad fue el grupo patrón (0%

fibra de PET) con 2.08 mm. y el que obtuvo mayor cantidad de alabeo fue el grupo 4 (15% fibra de PET). El grupo que obtuvo menor peso fue el grupo 4 (15% fibra de PET) con 6.210 kg y el grupo que obtuvo mayor peso fue el grupo patrón con 6.327 kg. Y en cuanto a eflorescencia ningún grupo de estudio presento eflorescencia alta, el grupo patrón (0% fibra de PET) con el grupo 2 (5% fibra de PET) presentaron baja eflorescencia, mientras que el grupo 3 (10% fibra de PET) con el grupo 4 (15% fibra de PET) presentaron eflorescencia media.

- Se realizó la comparación de costos de los grupos de ladrillos de concreto con 0%, 5%, 10% y 15% fibra de PET, tanto en precio por unidad como precio por millar, del cual el grupo con mayor costo para su elaboración fue el grupo 4 (15% fibra de PET) cuyo costo por unidad es de S/.0.90 y por millar es de S/.905.55, y el grupo con menor costo para su elaboración fue el grupo patrón (0% fibra de PET) cuyo costo por unidad es de S/.0.73 y por millar es de S/.718.00.
- Se comparó los resultados obtenidos con las normas, del cual según los ensayos realizados podemos decir que la adición de fibra de PET aumenta la resistencia a compresión y absorción de los ladrillos de concreto, además cumplen con los requerimientos exigidos según la NTE. E070 y NTP 399.601, clasificándolos en clase IV según NTE. E.070 y en Tipo 14 según NTP. 399.601.

VI. RECOMENDACIONES

- Recomendamos utilizar moldes que permitan elaborar varios ladrillos de concreto al mismo tiempo con la finalidad de optimizar el tiempo y mejorar la producción de estos. Los moldes pueden ser elaborados de madera (como se hizo en esta investigación) o de metal, con la finalidad de mantener la uniformidad de las dimensiones del ladrillo.
- Se recomienda usar los ladrillos de concreto con fibra de PET en muros estructurales, debido a su resistencia a la compresión alcanzada y su mejora en la capacidad de absorción que estos presentan.
- Recomendamos utilizar el ladrillo de concreto con 5% de fibra de PET, debido a que cumple con lo establecido con la norma, siendo el más económico en cuanto a precio y de esta manera pueda competir en el mercado.
- Se recomienda seguir manteniendo investigaciones con la reutilización del PET, ya que así estamos obteniendo productos ecológicos sostenibles que puedan reemplazar a los materiales de construcción convencionales pues con los resultados obtenidos en esta investigación, el PET también se podría usar para elementos estructurales de concreto armado como zapatas, vigas y columnas y poder ser usado en futuras construcciones que sirvan para el bienestar de la sociedad.

REFERENCIAS

ANGUMBA, Pedro. Ladrillos elaborados con plástico reciclado (pet), para mampostería no portante. Tesis (Titulado en arquitectura). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2016

Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25297/1/tesis.pdf>

ALTAMIRANO, José (et al). Ladrillos ecológicos con material reciclado pet. Tesis (Bachiller en ingeniería industrial). Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, 2017.

Disponible en: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3272/1/2017_Altamirano-Principe.pdf

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM). Technical standards C29. United States: ASTM, 2015.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM). Technical standards C33. United States: ASTM, 2015.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM). Technical standards C128. United States: ASTM, 2015.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM). Technical standards C136. United States: ASTM, 2015.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM). Technical standards C216. United States: ASTM, 2015.

BARTOLOMÉ, Ángel. Comentarios a la norma técnica de edificación E.070 albañilería informe final. Lima, Perú, 2005. 147 pp.

BELTRÁN, Maribel. Tecnología de polímeros [En línea]. 1º ed. España: Publicaciones de la Universiada de Alicante, 2012 [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2018].

Disponible en: <https://publicaciones.ua.es/es/catalogo/tecnologia-de-polimeros/978-84-9717-232-5>

BLANCO, Franco. Materiales poliméricos y compuestos [En línea]. 1° ed. México: Fundamentos de ciencia, 2012 [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2018].
Disponibile en: https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_9.html

CABALLERO, Brayan y FLOREZ, Orlando. Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietilen-tereftalato (pet) como alternativa sostenible para la construcción. Tesis (Bachiller en ingeniería civil). Cartagena: Universidad de Cartagena, 2016.

Disponibile en:
<http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/4404/1/documento%20final%20tesis%20de%20grado.pdf>

CAMARA Peruana De La Construcción. Costos y Presupuestos en Edificaciones [En línea]. 1.° ed. Perú, 2003 [Fecha de Consulta: 14 de Junio del 2019]. Capitulo II. Costos directos, pag 21.

Disponibile en:
file:///C:/Users/Anyelo/Downloads/costos_y_presupuestos_en_edificacion_-_capeco_r.pdf

CAMARA Peruana De La Construcción. Costos y Presupuestos en Edificaciones [En línea]. 1.° ed. Perú, 2003 [Fecha de Consulta: 14 de Junio del 2019]. Capitulo II. Costos directos, pag 74.

Disponibile en:
file:///C:/Users/Anyelo/Downloads/costos_y_presupuestos_en_edificacion_-_capeco_r.pdf

COMISIÓN de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI (Perú). Norma Técnica Peruana 339.127. SUELOS. Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. Lima: NTP, 1998. 12 pp.

COMISIÓN de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI (Perú). Norma Técnica Peruana 399.604. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima: NTP, 2002. 20 pp.

COMISIÓN de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI (Perú). Norma Técnica Peruana 399.613. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. Lima: NTP, 2005. 39 pp.

COMISIÓN de Reglamentos Técnicos y Comerciales - Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) - (Perú). Norma Técnica Peruana 399.601. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de concreto. Requisitos. Lima: NTP, 2006. 16 pp.

COMISIÓN de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI (Perú). Norma Técnica Peruana 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima: NTP, 2001. 18 pp.

COMISIÓN de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI (Perú). Norma Técnica Peruana 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. Lima: NTP, 1999. 14 pp.

COMISIÓN de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI (Perú). Norma Técnica Peruana 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima: NTP, 2013. 25 pp.

ECHEVERRÍA, Evelyn. Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado. Tesis(Bachiller en ingeniería civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.

Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1501/LADRILLOS%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%C3%81STICO%20PET%20RECICLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ELÍAS, Xavier y JURADO, Lorena. Reciclaje de residuos industriales [En línea]. 1º ed. España: Días de Santos S.A., 2012 [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2018].

Disponible en: <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788353.pdf>

El reciclaje en el Perú y el desarrollo sostenible [En línea]. Útero.PE. 10 de octubre de 2016. [Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2018].

Disponible en: <http://iqt.utero.pe/2016/10/10/el-reciclaje-en-el-peru-y-el-desarrollo-sostenible/>

Fibras de PET para la construcción. [En línea]. Querétaro: CONACYT, Julio 2017. [Fecha de consulta: 20 de Setiembre de 2018].

Disponible en: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/materiales/16185-fibras-pet-construccion>

GAGGIANO, Rosana. Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. Universidad de Chile [En línea]. Agosto del 2018, Volumen 23, n° 063. [Fecha consultada: 10 de setiembre del 2018].

Disponible en: <http://www.arpet.org/docs/Ladrillos-y-placas-prefabricadas-con-plasticos-reciclados-Gaggino.pdf>

ISSN: 0718-1299

MAURE, José (et al). Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas. Universidad Tecnológica de Panamá [En línea]. Mayo 2018, volumen 4, N° especial. [Fecha consultada: 12 de Setiembre del 2018].

Disponible en: <file:///C:/Users/Anyelo/Downloads/1816-8744-1-SM.pdf>

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y CARRETERAS (MTC 215) [En línea] Perú, 2016, [Fecha de consulta: 02 de mayo del 2019].

Disponible en: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

MUÑOZ, Liliana. Estudio del uso del polietileno de tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga. Tesis (Ingeniero civil). Mexico: Universidad Nacional Autónoma de Mexico, 2012.

Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/2514/1/TESIS.pdf>

NORMAS Legales (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones E 070. Albañilería. Lima: RNE, 2006. 15 pp.

PAZ, Erwin. Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado. Tesis(Bachiller en ingeniería civil). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2014.

Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/unsa/2921/mtpagoe003.pdf?sequence=1>

Perú solo recicla el 15% de la basura que genera diariamente [En línea]. Gestión. 10 de Setiembre de 2017. [Fecha de consulta: 13 de setiembre de 2018].

Disponible en: <https://gestion.pe/economia/empresas/peru-recicla-15-basura-genera-diariamente-143243>

Perú produce 1,200 toneladas de botellas plásticas recicladas al mes [En línea]. Perú 21.PE. 16 de noviembre de 2016. [Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2018].

Disponible en: <https://peru21.pe/economia/peru-produce-1-200-toneladas-botellas-plasticas-recicladas-mes-233548>

PET [En línea]. Quito: Tecnología de los plásticos, mayo 2011. [Fecha de consulta: 22 de Setiembre de 2018].

Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/pet.html>

PET [En línea]. México: Textos científicos, setiembre 2005. [Fecha de consulta: 22 de Setiembre de 2018].

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

PRODUCTOS y Servicios especializados. [En línea]. Lima: Cementos Pacasmayo S.A.A., agosto 2017. [Fecha de consulta: 22 de Setiembre de 2018].

Disponible en: <http://www.cementospacasmayo.com.pe/productos-y-servicios/cementos/tradicional/tipo-i>

QUEVEDO, Elena. 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. Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2017.

Disponible en:
<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3105/47085.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¿Qué es el PET? [En línea]. Guadalajara: MaxiPET, mayo 2007. [Fecha de consulta: 21 de Setiembre de 2018].

Disponible en: <http://www.maxi-pet.com.mx/Empresa.html>

REYNA, Cesar. Reutilización de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo. Tesis (Bachiller en ingeniería civil). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2016.

Disponible en:
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3158/TESIS%20MAESTRIA%20CESAR%20ALBERTO%20REYNA%20PARI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SÁNCHEZ, María y PAREDES, Pedro. Estudio de la viabilidad técnica de la implementación del tereftalato de polietileno como material para la estabilización de taludes. Tesis (Bachiller en ingeniería civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2014.

Disponible en:
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1703/1/ESTUDIO%20DE%20VIABILIDAD%20T%C3%89CNICA%20DE%20LA%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DEL%20POLIETILENO%20TEREFTALATO%20COMO%20MATERIAL%20PARA%20ESTABILIZACI%C3%93N%20DE%20TALUD~1.pdf>

Trujillo: Segat recoge mas de 300 toneladas de reciclaje [En línea]. Correo.PE. 27 de diciembre de 2016. [Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2018].

Disponible en: <https://diariocorreo.pe/edicion/la-libertad/trujillo-segat-recoge-mas-de-300-toneladas-de-reciclaje-720235/>

ZAVALA, Guillermo. Diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado. Tesis (Bachiller en ingeniería civil). San Salvador: ITCA-FEPADE El Salvador, 2015.

Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Civil-Plastico-reciclado.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1



Figura 12. Imagen del Politilen - Tereftalato (PET)

Fuente: Industrias PET – 2018.

ANEXO 2

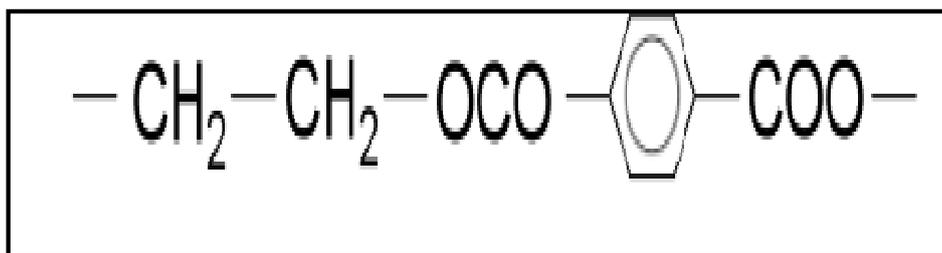


Figura 13. Composición química del PET.

Fuente: Tecnología de los polímeros – Beltrán 2012.

ANEXO 3



Figura 14. Cemento Mochica.

Fuente: cementos Pacasmayo – 2017.

ANEXO 4

 Pacasmayo Control de Calidad	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA CEMENTO MOCHICA				G-CC-EST-10 Versión 00 / 03 de setiembre de 2018 Página 1/1			
	<p>Descripción: El Cemento MOCHICA (GU) es un producto que se obtiene mediante la pulverización conjunta de clinker, yeso, filler calizo, puzolana y/o escoria. El clinker es un mineral artificial y esta compuesto esencialmente de silicatos de calcio producidos a partir de materiales calcareos y correctores de sílice, alumina y hierro en un proceso efectuado a temperaturas cercanas a los 1450°C. Este tipo de cemento sigue los requisitos de la Norma Técnica Peruana 334.082 y de la ASTM C 1157. Es un cemento diseñado para ser usado en construcciones generales y cuando ninguna característica especial es requerida.</p>							
Ensayos		Requisitos			Normas de Referencia		Normas de Ensayo	
REQUERIMIENTOS FISICOS								
Contenido de Aire		Máximo	12	%	ASTM C 1157 NTP 334.082	ASTM C 185 NTP 334.048		
Finura								
a) Superficie Especifica		-	-	-	ASTM C 1157 NTP 334.082	ASTM C 204 NTP 334.002		
b) Retenido M325		-	-	-	ASTM C 1157 NTP 334.082	ASTM C 430 NTP 334.045		
Expansión en autoclave		Máximo	0.80	%	ASTM C 1157 NTP 334.082	ASTM C 151 NTP 334.004		
Resistencia a la Compresión								
a) Resistencia compresión a 1 día (*)		Mínimo	8.3 (1200)	MPa (psi)	n/a	ASTM C 109 NTP 334.051		
b) Resistencia compresión a 3 días		Mínimo	13 (1,890)	MPa (psi)	ASTM C 1157 NTP 334.082	ASTM C 109 NTP 334.051		
c) Resistencia compresión a 7 días		Mínimo	20 (2,900)	MPa (psi)	ASTM C 1157 NTP 334.082	ASTM C 109 NTP 334.051		
d) Resistencia compresión a 28 días		Mínimo	28 (4,060)	MPa (psi)	ASTM C 1157 NTP 334.082	ASTM C 109 NTP 334.051		
Tiempo de Fraguado Vicat								
a) Fraguado Inicial		Mínimo	45	minutos	ASTM C 1157 NTP 334.082	ASTM C 191 NTP 334.006		
b) Fraguado Final		Máximo	420	minutos	ASTM C 1157 NTP 334.082	ASTM C 191 NTP 334.006		
Expansión Barra de mortero a 14 días		Máximo	0.020	%	ASTM C 1157 NTP 334.082	ASTM C 1038 NTP 334.003		
REQUERIMIENTOS DE PESOS NETOS								
Peso unitario (Neto)		Mínimo	41.65	kg	ASTM C 1157 NTP 334.082	n/a		
Peso promedio por lotes ≥ 50 bobas (Neto)		Mínimo	42.50	kg	ASTM C 1157 NTP 334.082	n/a		
Generado por:			Revisado por:			Aprobado por:		
Ing. Victor Milla Analista de Aseguramiento de la Calidad			Ing. Gabriel Masilla Superintendente de Aseguramiento de la Calidad e Investigación y Desarrollo			Ing. Hugo Villanueva Castillo Gerente Central de Operaciones		

Figura 15. Especificaciones técnicas del Cemento Mochica.

Fuente: Cementos Pacasmayo 2017.

ANEXO 5



Figura 16. Productos Calstar Ladrillo de contenido reciclado

Fuente: Homeiq.(2011)

ANEXO 6

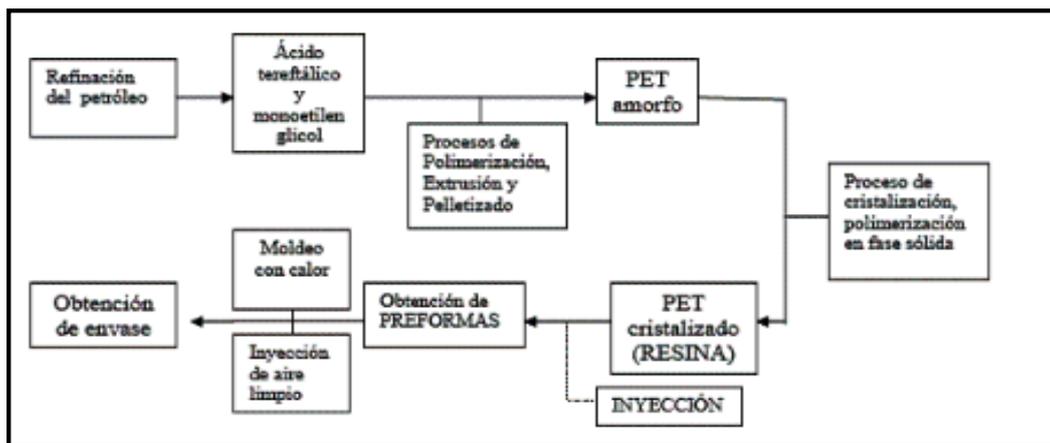


Figura 17. Diagrama de flujo del proceso de industrialización del PET.

Fuente: Quiminet – 2005

ANEXO 7

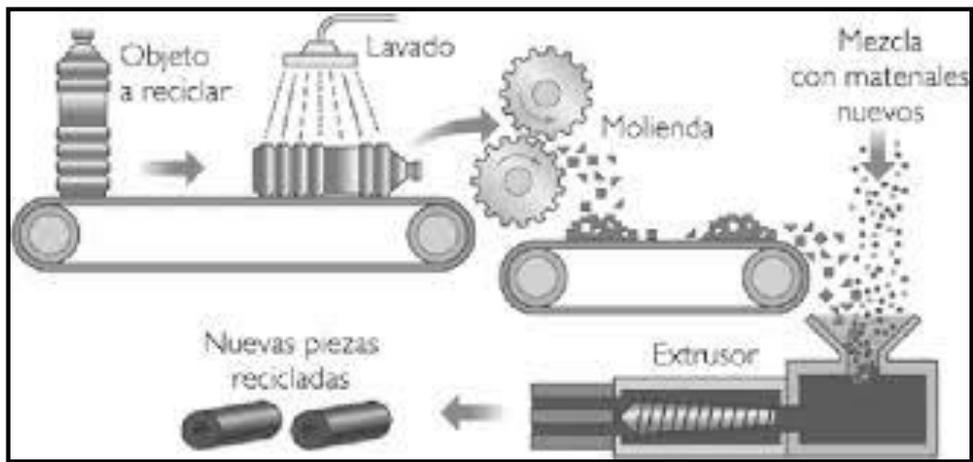


Figura 18: Proceso de industrialización del Pet mediante reciclaje de la misma.

Fuente: Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. (2016)

ANEXO 8

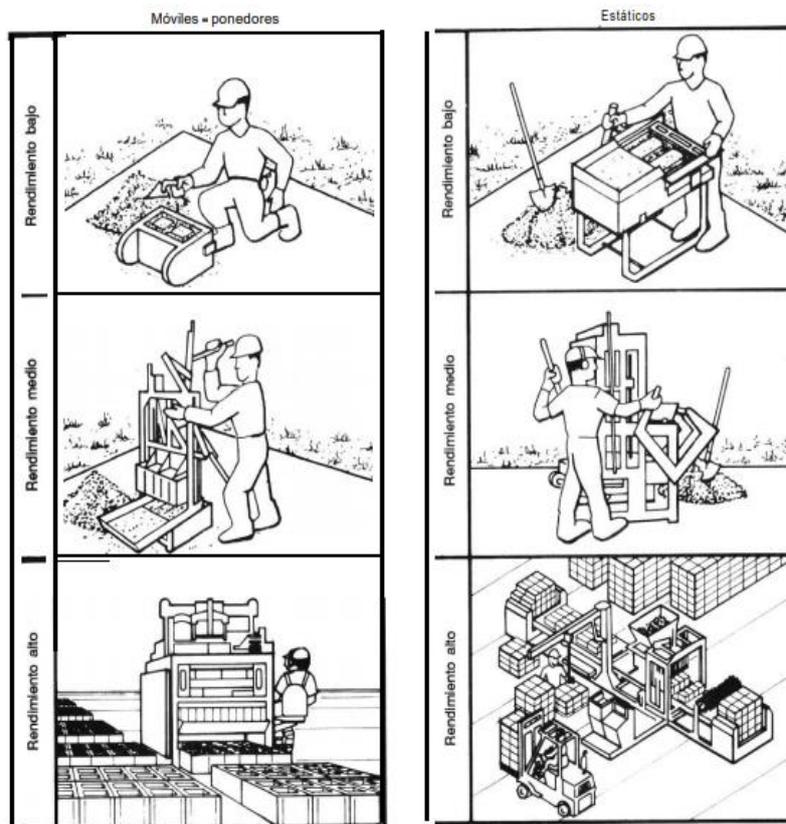


Figura 19. Equipos y procesos de fabricación de ladrillos de concreto

Fuente: Instituto Peruano de Productores de cemento

ANEXO 9

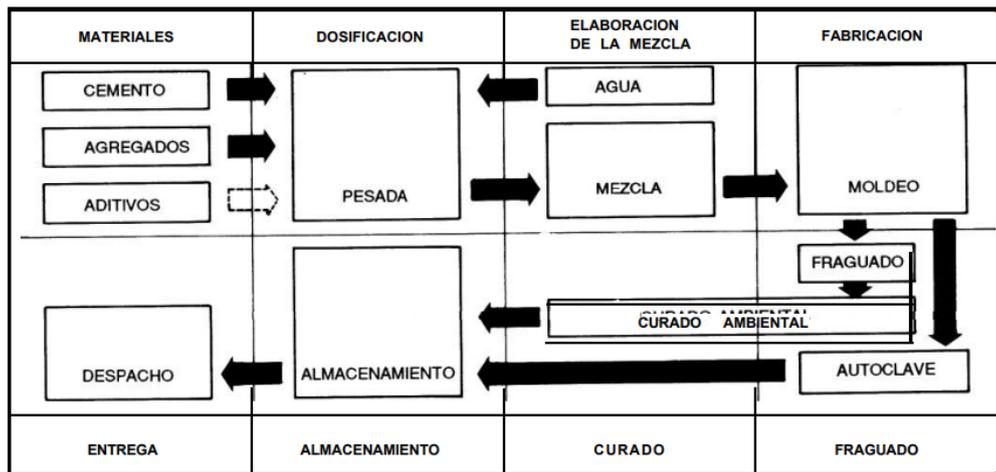


Figura 20. Esquema típico del proceso de fabricación de ladrillos de concreto
 Fuente: Instituto Peruano de Productores de cemento.

ANEXO 10

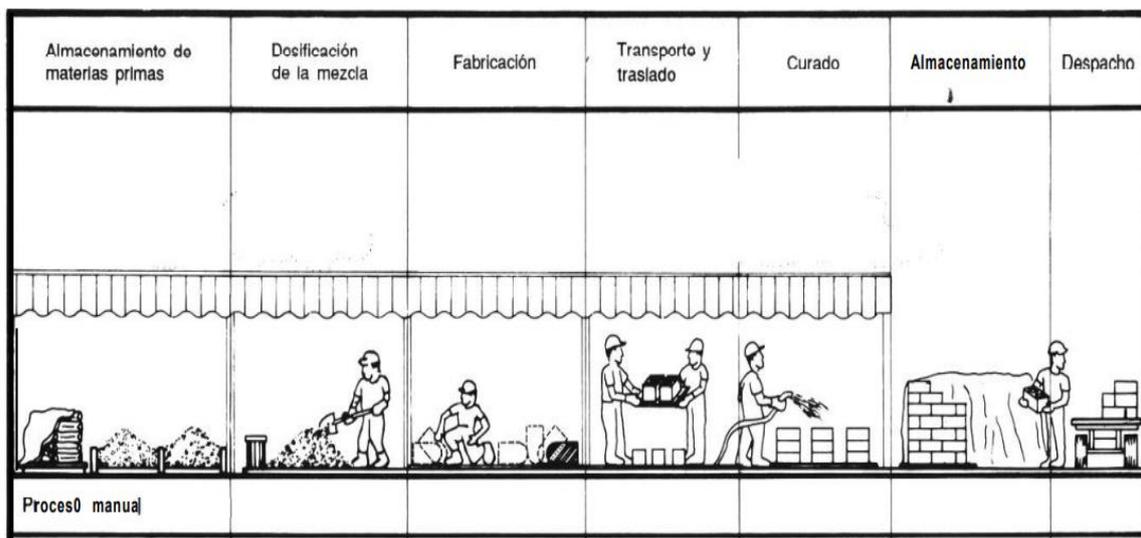


Figura 21. Proceso manual de ladrillos de concreto
 Fuente: Instituto Peruano de Productores de cemento

ANEXO 11

Cuadro 34. Ficha Técnica: Ladrillos de Concreto con Fibra de PET reciclado

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	% DE FIBRA DE PET PARA ENSAYO	DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO			INDICADOR MÁXIMO	RESTRICCIÓN	CONDICIÓN FINAL
Efecto del plástico reciclado PET sobre la resistencia a la compresión y absorción del ladrillo de concreto.	Resistencia a la Compresión	En unidades kg/cm ² (ASTM C-139)	0%	145.57	143.79	142.71	145.57	140 kg/cm ²	APTOS
			5%	157.16	165.16	143.00	165.16		
			10%	159.20	166.84	159.23	166.84		
			15%	164.43	173.26	167.46	173.26		
	Absorción	En porcentaje (%). (ASTM C-138)	0%	5.39	4.66	5.74	5.74	≤ 12%	APTOS
			5%	4.49	4.70	4.20	4.7		
			10%	3.80	3.49	3.50	3.8		
			15%	3.19	3.10	3.31	3.31		
	Variabilidad dimensional	Dimensión de los ladrillos en mm. (Norma E.070)	0%	L=245, A=131, a=95	L=241, A=130, a=91	L=241, A=130, a=91	L=245, A=131, a=95	± 3.2 mm.	APTOS
			5%	L=238, A=130, a=92	L=240, A=131, a=91	L=241, A=130, a=92	L=241, A=130, a=92		
			10%	L=239, A=130, a=92	L=236, A=129, a=91	L=238, A=128, a=92	L=239, A=130, a=92		
			15%	L=238, A=129, a=91	L=239, A=131, a=93	L=241, A=130, a=92	L=241, A=130, a=92		
	Alabeo	Dimensión de los ladrillos en mm. (Norma E.070)	0%	1.5	2.3	2.43	2.43	4 mm.	APTOS
			5%	2.47	1.9	2.5	2.5		
			10%	2.17	2.23	1.93	2.23		
			15%	2.9	3.2	2.43	3.2		

	Peso del ladrillo	En Kg. (Norma E.070)	0%	6.425	6.228	6.327	6.425	-	APTOS
			5%	6.254	6.153	6.453	6.453		
			10%	6.275	6.227	6.15	6.275		
			15%	6.175	6.205	6.25	6.25		
	Eflorescencia	En E. baja, media y alta.	0%	E. baja	E. baja	E. baja	E. baja	Eflorescencia alta	APTOS
			5%	E. baja	E. media	E. baja	E. media		
			10%	E. media	E. media	E. media	E. media		
			15%	E. media	E. alta	E. media	E. media		

ANEXO 12

FICHAS PARA ENSAYOS

		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
PROYECTO		EFECTO DE LA FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO (PET) SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO, TRUJILLO 2019				
ENSAYO:		ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
FECHA:						
AUTORES :		Salinas Marcos Anyelo Eduardo - Montero Pretell Jorge Alonso				
ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN - NTP 399.601 Y NTP 399.604						
	MUESTRA DE LADRILLO	% de fibra de PET	Fuerza de Compresión (Kg)	Area (cm ²)	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Promedio
GRUPO PATRÓN	LI1	0%	43110.00	303.77	141.92	144.02
	LI2		44220.00	303.77	145.57	
	LI3		43680.00	303.77	143.79	
	LI4		43350.00	303.77	142.71	
GRUPO 2	LII1	5%	46150.00	303.77	151.92	155.11
	LII2		47740.00	303.77	157.16	
	LII3		50170.00	303.77	165.16	
	LII4		43440.00	303.77	143.00	
GRUPO 3	LIII1	10%	48360.00	303.77	159.20	161.76
	LIII2		50680.00	303.77	166.84	
	LIII2		48370.00	303.77	159.23	
	LIII4		47390.00	303.77	156.01	
GRUPO 4	LIV1	15%	51580.00	303.77	169.80	168.38
	LIV2		49950.00	303.77	164.43	
	LIV3		52630.00	303.77	173.26	
	LIV4		50870.00	303.77	167.46	

Figura 22. Ficha para Ensayo de Resistencia a Compresión - NTP 399.601 y NTP 399.604

		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
PROYECTO		EFECTO DE LA FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO (PET) SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO, TRUJILLO 2019				
ENSAYO:		ENSAYO DE ABSORCIÓN				
FECHA:						
AUTORES :		Salinas Marcos Anyelo Eduardo - Montero Pretell Jorge Alonso				
ENSAYO DE ABSORCIÓN - NTP 399.601 Y NTP 399.604						
	Muestra de Ladrillo	% de Fibra de PET	Peso Saturado (Kg)	Peso Seco (Kg)	Absorción (%)	Promedio
GRUPO PATRÓN	LI1	0%	6.55	6.215	5.39	5.26
	LI2		6.378	6.127	4.10	
	LI3		6.515	6.225	4.66	
	LI4		6.452	6.102	5.74	
GRUPO 2	LII1	5%	6.348	6.075	4.49	4.46
	LII2		6.172	5.895	4.70	
	LII3		6.211	5.978	3.90	
	LII4		6.507	6.245	4.20	
GRUPO 3	LIII1	10%	6.223	5.995	3.80	3.60
	LIII2		6.103	5.897	3.49	
	LIII3		6.264	6.052	3.50	
	LIII4		6.221	5.982	4.00	
GRUPO 4	LIV1	15%	6.076	5.888	3.19	3.20
	LIV2		6.046	5.864	3.10	
	LIV3		5.977	5.775	3.50	
	LIV4		5.873	5.685	3.31	

Figura 23. Ficha de Ensayo de Absorción – NTP 399.601 y NTP 399.604.

		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO		EFECTO DE LA FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO (PET) SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO, TRUJILLO 2019			
ENSAYO:		ENSAYO DE VARIABILIDAD DIMENSIONAL			
FECHA:					
AUTORES :		Salinas Marcos Anyelo Eduardo - Montero Pretell Jorge Alonso			
ENSAYO DE VARIABILIDAD DIMENSIONAL - NTP 399.613					
	Muestra de Ladrillo	% de Fibra de PET	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)
FABRICANTE	-	-	240	130	90
GRUPO PATRON	LI1	0%	245.000	131.000	95.000
	LI2		241.000	130.000	91.000
	LI3		242.000	129.000	93.000
	LI4		238.000	131.000	92.000
PROMEDIO			241.333	130.667	92.667
VARIACIÓN (%)			-0.556	-0.513	-2.963
Coeficiente de variación			-1.333	-0.667	-2.667
GRUPO 2	LII1	5%	238.000	130.000	92.000
	LII2		240.000	131.000	91.000
	LII3		237.000	131.000	94.000
	LII4		241.000	130.000	92.000
PROMEDIO			239.667	130.333	91.667
VARIACIÓN (%)			0.139	-0.256	-1.852
Coeficiente de variación			0.333	-0.333	-1.667
GRUPO 3	LIII1	10%	239.000	130.000	92.000
	LIII2		236.000	129.000	91.000
	LIII3		240.000	130.000	94.000
	LIII4		238.000	128.000	92.000
PROMEDIO			237.667	129.000	91.667
VARIACIÓN (%)			0.972	0.769	-1.852
Coeficiente de variación			2.333	1.000	-1.667
GRUPO 4	LIV1	15%	238.000	129.000	91.000
	LIV2		241.000	132.000	95.000
	LIV3		239.000	131.000	93.000
	LIV4		241.000	130.000	92.000
PROMEDIO			239.333	130.000	92.000
VARIACIÓN (%)			0.278	0.000	-2.222
Coeficiente de variación			0.667	0.000	-2.000

Figura 24. Ficha de Ensayo de Variabilidad Dimensional – NTP 399.613.

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO		EFECTO DE LA FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO (PET) SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO, TRUJILLO 2019		
ENSAYO:		ENSAYO DE ALABEO		
FECHA:				
AUTORES :		Salinas Marcos Anyelo Eduardo - Montero Pretell Jorge Alonso		
ENSAYO DE ALABEO - NTP 399.613				
	Muestra de Ladrillo	% de Fibra de PET	ALABEO (mm.)	PROMEDIO
NORMA				4
GRUPO PATRÓN (0% PET)	LI1	0%	1.5	2.08
	LI2		2.3	
	LI3		3.3	
	LI4		2.43	
GRUPO 2 (5% PET)	LII1	5%	2.47	2.29
	LII2		1.9	
	LII3		3.87	
	LII4		2.5	
GRUPO 3 (10% PET)	LIII1	10%	2.17	2.11
	LIII2		2.23	
	LIII3		2.6	
	LIII4		1.93	
GRUPO 4 (15% PET)	LIV1	15%	2.9	2.84
	LIV2		3.2	
	LIV3		2.33	
	LIV4		2.43	

Figura 25. Ficha de Ensayo de Alabeo – NTP 399.613.

		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL				
PROYECTO		EFECTO DE LA FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO (PET) SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO, TRUJILLO 2019				
ENSAYO:		ENSAYO DE EFLORESCENCIA				
FECHA:						
AUTORES :		Salinas Marcos Anyelo Eduardo - Montero Pretell Jorge Alonso				
ENSAYO DE EFLORESCENCIA - NTP 399.613						
	Muestra de Ladrillo	% de Fibra de PET	Eflorescencia Alta	Eflorescencia Media	Eflorescencia Baja	PROMEDIO
GRUPO PATRÓN	LI1	0%			x	Eflorescencia Baja
	LI2				x	
	LI3				x	
	LI4				x	
GRUPO 2	LII1	5%			x	Eflorescencia Baja
	LII2				x	
	LII3			x		
	LII4				x	
GRUPO 3	LIII1	10%		x		Eflorescencia Media
	LIII2				x	
	LIII3			x		
	LIII4			x		
GRUPO 4	LIV1	15%		x		Eflorescencia Media
	LIV2		x			
	LIV3			x		
	LIV4				x	

Figura 26. Ficha de Ensayo de Eflorescencia – NTP 399.613.

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO		EFECTO DE LA FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO (PET) SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO, TRUJILLO 2019		
ENSAYO:		ENSAYO DE ALABEO		
FECHA:				
AUTORES :		Salinas Marcos Anyelo Eduardo - Montero Pretell Jorge Alonso		
ENSAYO DE PESO - NTP 399.613				
	Muestra de Ladrillo	% de Fibra de PET	PESO (Kg)	PROMEDIO
GRUPO PATRÓN (0% PET)	LI1	0%	6.425	6.327
	LI2		6.228	
	LI3		6.352	
	LI4		6.327	
GRUPO 2 (5% PET)	LII1	5%	6.251	6.286
	LII2		6.153	
	LII3		6.225	
	LII4		6.453	
GRUPO 3 (10% PET)	LIII1	10%	6.275	6.217
	LIII2		6.227	
	LIII3		6.200	
	LIII4		6.150	
GRUPO 4 (15% PET)	LIV1	15%	6.175	6.210
	LIV2		6.205	
	LIV3		6.200	
	LIV4		6.250	

Figura 27. Ficha de Ensayo de Peso – NTP 399.613.

ANEXO 13

RESULTADOS DE ENSAYOS DEL AGREGADO DE LABORATORIO

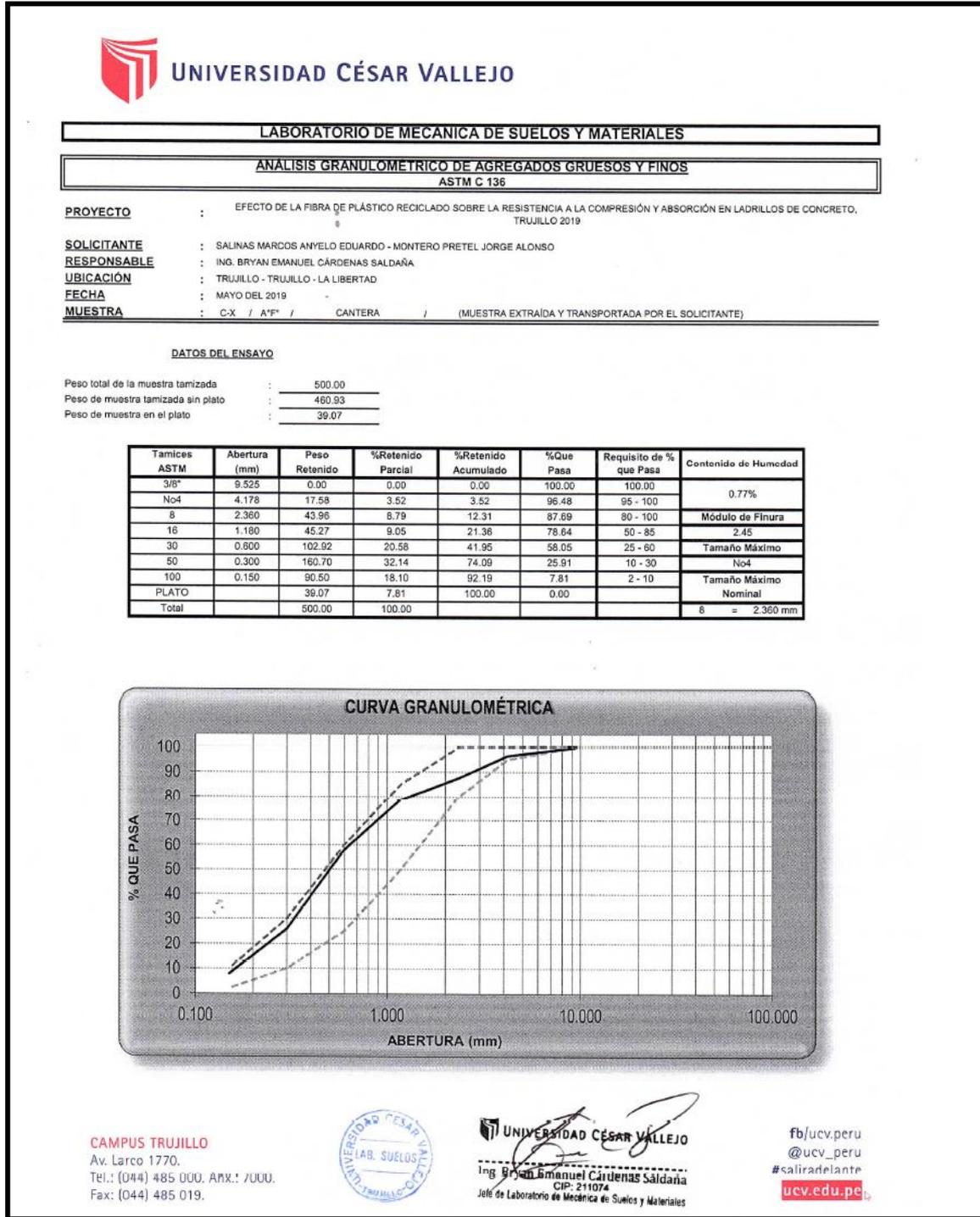


Figura 28. Resultado del Análisis Granulométrico del Agregado– ACTM 136 y NTP 400.012 (2001).

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad Cesar Vallejo



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

METODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
MTC E 215

PROYECTO : EFECTO DE LA FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN LADRILLOS DE CONCRETO, TRUJILLO 2019

SOLICITANTE : SALINAS MARCOS ANYELO EDUARDO - MONTERO PRETEL JORGE ALONSO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : MAYO DEL 2019

MUESTRA : C-X / A'F' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	50.03	50.87	51.60
Peso del tarro + suelo humedo (g)	172.48	149.40	157.13
Peso del tarro + suelo seco (g)	171.55	148.64	156.32
Peso del suelo seco (g)	121.52	97.77	104.72
Peso del agua (g)	0.93	0.76	0.81
% de humedad (%)	0.77	0.78	0.77
% de humedad promedio (%)	0.77		

CAMPUS TRUJILLO

Av. Larco 1770.

Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.

Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 29. Resultado del Contenido de Humedad del Agregado.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad Cesar Vallejo.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS

ASTM C-29

PROYECTO : EFECTO DE LA FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN LADRILLOS DE CONCRETO, TRUJILLO 2019

SOLICITANTE : SALINAS MARCOS ANYELO EDUARDO - MONTERO PRETEL JORGE ALONSO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : MAYO DEL 2019

MUESTRA : C-X / A*F* / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método Suelto

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm3)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	9992.00	9992.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	5104.00	5104.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.687	1.687
Contenido de Humedad (%)	0.77%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.687	1.687
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	1.687	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	1686.58	
% de Vacíos	33.26%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Figura 30. Resultado de Peso Unitario y % de Vacíos por Método Suelto - NTP. 400.017 (1999) y ASTM C-29.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad Cesar Vallejo.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29

PROYECTO : EFECTO DE LA FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN LADRILLOS DE CONCRETO, TRUJILLO 2019

SOLICITANTE : SALINAS MARCOS ANYELO EDUARDO - MONTERO PRETEL JORGE ALONSO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : MAYO DEL 2019

MUESTRA : C-X / A* / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método compactado por apisonado

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm ³)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	10304.00	10300.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	5416.00	5412.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.790	1.788
Contenido de Humedad (%)	0.77%	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.790	1.788
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm ³)	1.789	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m ³)	1789.02	
% de Vacíos	29.21%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 31. Resultado de Peso Unitario y % de Vacíos por Método Compactado - NTP. 400.017 (1999) y ASTM C-29.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad Cesar Vallejo.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS
ASTM C 128

PROYECTO : EFECTO DE LA FIBRA DE PLÁSTICO RECICLADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN EN LADRILLOS DE CONCRETO, TRUJILLO 2019

SOLICITANTE : SALINAS MARCOS ANYELO EDUARDO - MONTERO PRETEL JORGE ALONSO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : MAYO DEL 2019

MUESTRA : C-X / A*F / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° F°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	488.80	489.00
B= Peso de la fiola afreada llena de agua (g)	630.50	641.80
C= Peso total de la fiola, afreada con la muestra y agua (g)	937.00	948.40
S= Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
Peso específico de masa (Pem)	2.53	2.53
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.58	2.59
Peso específico aparente (Pea)	2.68	2.68
Absorción (%)	2.29	2.25
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.53	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PeSSS)	2.58	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.68	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	2.27	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 32. Resultado de Peso Específico y Absorción del Agregado NTP. 400.022. (2001) y ASTM C 128.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad Cesar Vallejo.

ANEXO 14

RESULTADOS DE ENSAYOS DEL LADRILLO CON FIBRA DE PET DE LABORATORIO.

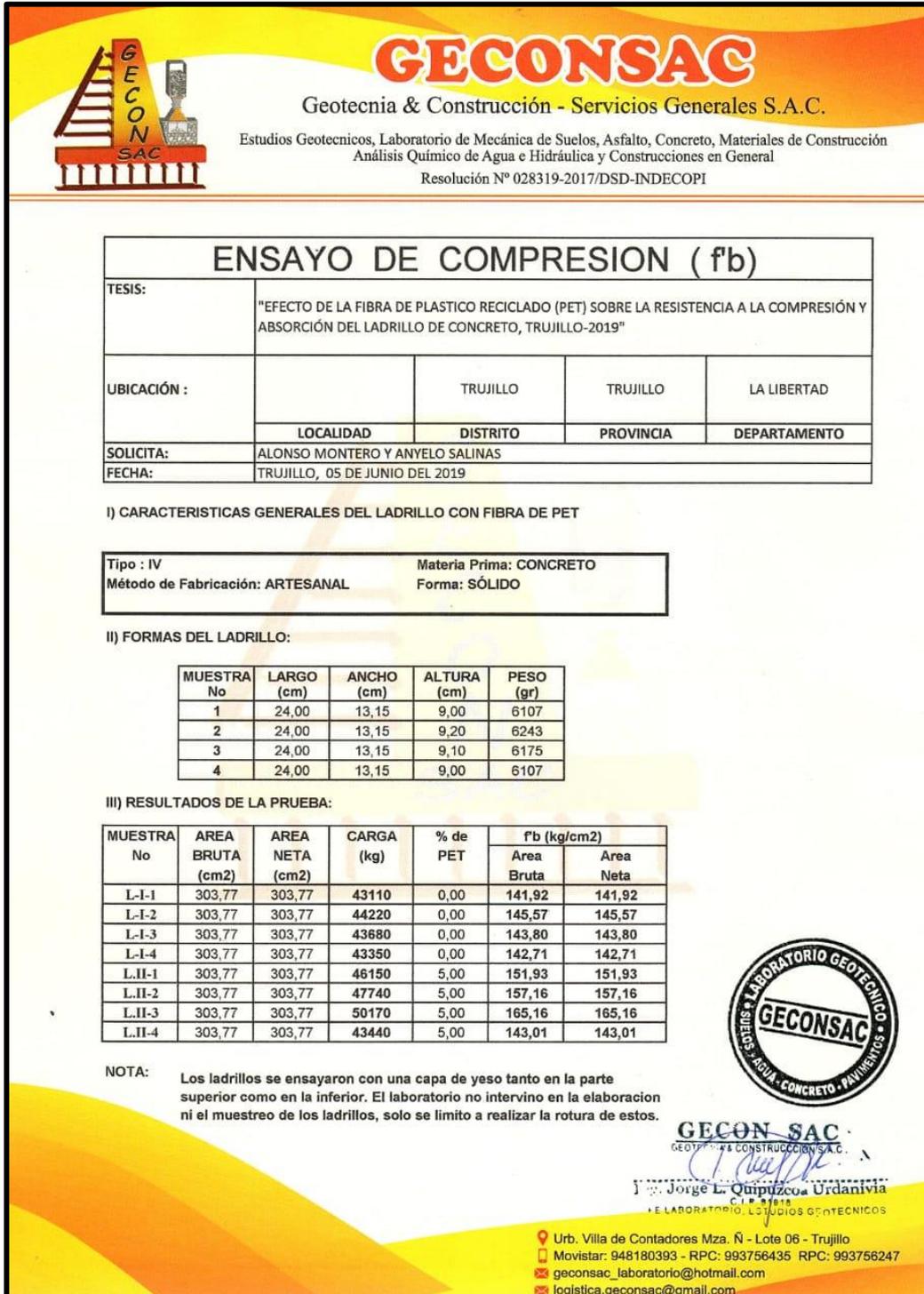


Figura 33. Resultados del Ensayo a Compresión de los ladrillos de concreto del Grupo Patrón (0% fibra de Pet) y Grupo 2 (5% fibra de Pet).

Fuente: Laboratorio de Materiales de Construcción GECONSAC.



GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General
Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

ENSAYO DE ABSORCIÓN

TESIS:	"EFECTO DE LA FIBRA DE PLÁSTICO REICLADO (PET), SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO, TRUJILLO-2019"			
UBICACIÓN :	TRUJILLO	TRUJILLO	TRUJILLO	LA LIBERTAD
	LUGAR	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
SOLICITA:	ALONSO MONTERO Y ANYELO SALINAS			
FECHA:	TRUJILLO, 7 DE JUNIO DEL 2019			

I) CARACTERISTICAS GENERALES DEL LADRILLO DE CONCRETO CON FIBRA DE PET

Tipo : IV	Materia Prima: CONCRETO
Metodo de Fabricacion : ARTESANAL	Forma : SÓLIDO

DENOMINACIÓN	Ladrillo Saturado 24hras. (gramos)	Ladrillo Seco al Horno (gramos)	ABSORCIÓN (%)	PROMEDIO (%)
LI1 0% PET	6550,00	6215,00	5,39%	4,97%
LI2 0% PET	6378,00	6127,00	4,10%	
LI3 0% PET	6515,00	6225,00	4,66%	
LI4 0% PET	6452,00	6102,00	5,74%	
LI11 5% PET	6348,00	6075,00	4,49%	4,32%
LI12 5% PET	6172,00	5895,00	4,70%	
LI13 5% PET	6211,00	5978,00	3,90%	
LI14 5% PET	6507,00	6245,00	4,20%	
LI111 10% PET	6223,00	5995,00	3,80%	3,70%
LI112 10% PET	6103,00	5897,00	3,49%	
LI113 10% PET	6264,00	6052,00	3,50%	
LI114 10% PET	6221,00	5982,00	4,00%	
LIV1 15% PET	6076,00	5888,00	3,19%	3,28%
LIV1 15% PET	6046,00	5864,00	3,10%	
LIV1 15% PET	5977,00	5775,00	3,50%	
LIV1 15% PET	5873,00	5685,00	3,31%	



GECONSAC
GEOTECNIA & CONSTRUCCION S.A.C.
Ing. Jorge L. Quirozco Urdanivia
C.P. 91019
JEFE LABORATORIO, ESTUDIOS GEOTECNICOS

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06 - Trujillo
Movistar: 948180393 - RPC: 993756435 RPC: 993756247
geconsac_laboratorio@hotmail.com
logistica.geconsac@gmail.com

Figura 35. Resultados del Ensayo de Absorción de los ladrillos de concreto con fibra de Pet.

Fuente: Laboratorio de Materiales de Construcción GECONSAC.

ANEXO 15
PANEL FOTOGRÁFICO

A) Abastecedoras de material para la elaboración del ladrillo de concreto con fibra de PET



Figura 36. Cantera BAUNER S.A.



Figura 37. Recicladora MANUELITA S.A.C.



Figura 38. Material entregado para su Análisis en el laboratorio de suelos y Materiales de la Universidad Cesar Vallejo.



Figura 39. Fibra de PET reciclado obtenido de la recicladora MANUELITA S.A.C.

B) Elaboración del ladrillo de Concreto con fibra de PET reciclado



Figura 40. Materiales usados para la mezcla del bloque de concreto.

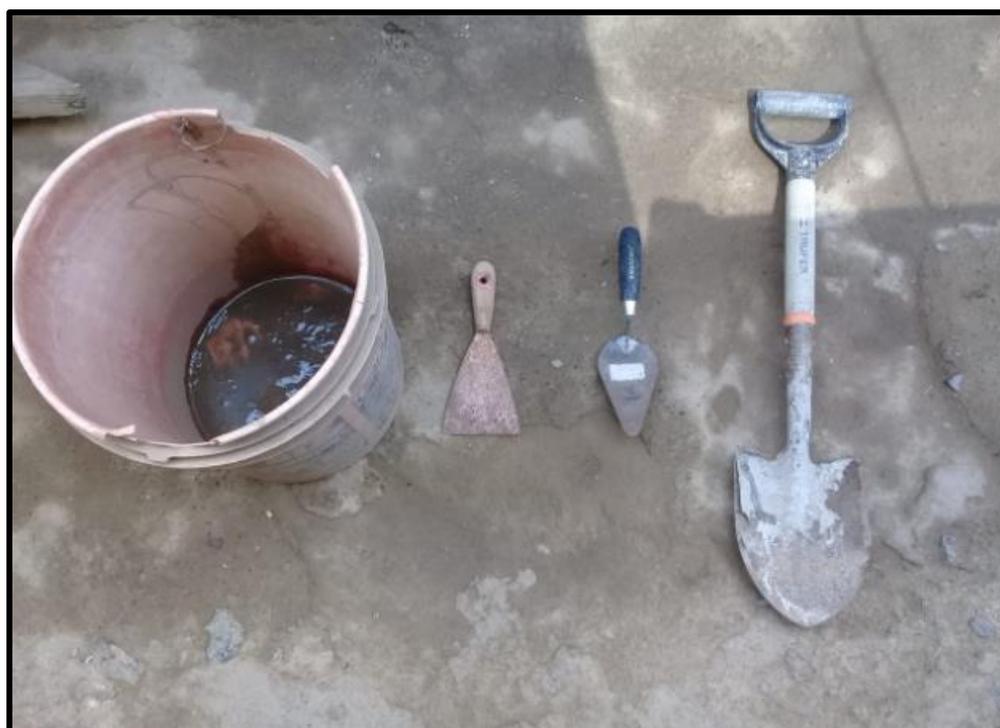


Figura 41. Herramientas empleadas para la mezcla del bloque de concreto.



Figura 42. Molde para la Elaboración del ladrillo de Concreto



Figura 43. Fibra de Plástico Reciclado (PET)



Figura 44. Arena Gruesa.



Figura 45. Confitillo



Figura 46. Cemento Mochica



Figura 47. Preparación de la mezcla en seco.



Figura 48. Mezcla de los materiales con el agua



Figura 49. Colocación de la Mezcla por capas en el molde



Figura 50. Proceso de compactado de ladrillo para su uniformidad.



Figura 51. Acabado Final del ladrillo de concreto



Figura 52. Ladrillos Elaborados con 0% de Fibra de Plástico reciclado PET



Figura 53. Ladrillos Elaborados con 5% de Fibra de Plástico reciclado PET



Figura 54. Ladrillos Elaborados con 10% de Fibra de Plástico reciclado PET



Figura 55. Ladrillos Elaborados con 15% de Fibra de Plástico reciclado PET

C) Codificación de los ladrillos para sus respectivos ensayos



Figura 56. Codificación de ladrillos con 0%, 5%, 10% y 15% de fibra de PET para ensayo a compresión.



Figura 57. Codificación de ladrillos con 0%, 5%, 10% y 15% de fibra de PET para ensayo de absorción.



Figura 58. Codificación de ladrillos con 0%, 5%, 10% y 15% de fibra de PET para ensayo complementarios (Variación dimensional, Alabeo y peso)



Figura 59. Codificación de ladrillos con 0%, 5%, 10% y 15% de fibra de PET para ensayo complementario de Eflorescencia.

D) Ensayos en laboratorio GECONSAC



Figura 60. Prensa de compresión donde se realizó el ensayo a los ladrillos de concreto con fibra de PET.



Figura 61. Fotografías junto a la prensa de compresión donde se analizaron los ladrillos



Figura 62. Ladrillos de concreto con Fibra de PET reciclada sometidos a fuerza de compresión.



Figura 63. Ladrillos de concreto con Fibra de PET después del ensayo de compresión



Figura 64. Ladrillos sumergidos en agua para el ensayo de absorción



Figura 65. Horno de secado de los ladrillos de concreto para el ensayo de absorción

E) Ensayos complementarios del Ladrillo (Variabilidad dimensional, Alabeo, Eflorescencia y Peso).



Figura 66. Medición del ancho del ladrillo de concreto para el ensayo de variabilidad dimensional.



Figura 67. Medición del largo del ladrillo de concreto para el ensayo de variabilidad dimensional.



Figura 68. Medición del alto del ladrillo de concreto para el ensayo de variabilidad dimensional.



Figura 69. Medición de concavidad y convexidad del ladrillo de concreto para el ensayo de Alabeo.



Figura 70. Ensayo de peso de los ladrillos de concreto con 0% fibra de PET



Figura 71. Ensayo de peso de los ladrillos de concreto con 5% fibra de PET



Figura 72. Ensayo de peso de los ladrillos de concreto con 10% fibra de PET



Figura 73. Ensayo de peso de los ladrillos de concreto con 15% fibra de PET



Figura 74. Ladrillos de concreto con fibra de PET colocados en agua destilada para el ensayo de Eflorescencia.



Figura 75. Eflorescencia presentada en los ladrillos de concreto con 0%, 5%, 10% y 15% fibra de PET.