

Evaluación mecánica de casetones armables y recuperables fabricados en plástico reciclado (PET, HDPE, LDPE Y COMBINADO) para losas aligeradas.

Autor: María Fernanda Mayo Arguello
Director: Diego Rodríguez Jiménez
Codirector: Ramón de Jesús Manrique Espíndola
e-mail: mmayo00@uan.edu.co
e-mail: dierodriguez63@uan.edu.co
e-mail: rmanrique14@uan.edu.co
Universidad Antonio Nariño
Duitama-Boyacá

Resumen - Las losas aligeradas usan diferentes tipos de elementos de alivianamiento en diversos materiales como el de poliestireno expandido y el de madera con lona, para así cumplir con la función principal de estas.

En la actualidad es necesario tener conciencia y crear maneras para reciclar y reutilizar esos plásticos de un solo uso que afectan diferentes ecosistemas en el mundo, por ello se realiza el diseño y construcción de un casetón que sea armable y recuperable elaborado en plástico reciclado, para la construcción de losas aligeradas.

Al realizar los ensayos en laboratorio podemos observar que el casetón que presenta mejores propiedades mecánicas es el combinado (10% LDPE, 10%PET y 80% HDPE), puesto que la resistencia a la carga última es el que más soporta y el que menos tiene deformación, cuando se compara con el de poliestireno expandido y el de madera.

Índice de Términos – casetón, losa aligerada, plástico reciclado.

I. INTRODUCCION

A medida que se realizan avances tecnológicos, un aspecto que ha venido generando preocupación es el medio ambiente, de manera que se han ido buscando alternativas para que el impacto que se cause a este cada vez sea el menor posible. La ingeniería civil no es indiferente a esta problemática razón por la que se realizan obras que sean sostenibles con el medio ambiente, ayudando de diferentes formas ya sea con los agregados al concreto, las mezclas asfálticas y materiales de construcción.

La investigación a presentar en el presente artículo es la realización de un casetón que sea armable y recuperable en plástico reciclado junto a su evaluación mecánica, esto para comprobar si es posible la utilización de este tipo de casetón en la realización de losas aligeradas.

El casetón se va a realizar con diferentes composiciones de plástico reciclado, ya sea PET y HDPE, LDPE y HDPE o COMBINADO, comparando los resultados de resistencia con los diferentes casetones que existen en la actualidad como el de madera con lona y el de poliestireno expandido, para así poder determinar si el casetón en plástico reciclado ofrece la resistencia requerida en la construcción de las losas aligeradas.

Es importante el reciclaje del plástico y por ende la reutilización de este y el proceso que este lleva para la generación de un nuevo producto. [1]

Por esta razón diferentes autores han buscado alternativas de reutilizar el plástico desde la ingeniería civil para reducir la contaminación por este material, ya que es un material no biodegradable, entre estas alternativas tenemos la realización de materiales para la construcción: la realización de un bloque ecológico hecho con polietileno de alta densidad y polipropileno [2], siguiendo con los bloques también está la factibilidad de usar como agregado de residuo plástico ABS en la elaboración de bloques de hormigón [3].

Las losas aligeradas forman parte de la estructura de una edificación, que está constituida por viguetas, aligerantes y concreto [4].

Hay diferentes tipos aligerantes para la construcción de este tipo de losas, como los casetones en madera con lona, poliestireno expandido y fibra de vidrio.

También se han realizado estudios para la elaboración de casetones en plástico reciclado con la utilización de botellas PET complementando la construcción de este con una malla de acero alrededor de las botellas que son sujetadas por papel vinipel, su estudio también mencionaba la realización de muros no estructurales con botellas PET [5].

Otra de las alternativas, muestra su uso como agregado en la modificación de asfaltos, cemento y hormigón, para ayudar no solamente al medio ambiente si no a la vida útil del material modificado. [6].

II. FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las construcciones hay diferentes tipos de entrepiso como la losa maciza, lamina colaborante, losa aligerada esta puede clasificarse según como se transmita la carga en una o dos direcciones. Actualmente estas losas se construyen utilizando diferentes aligerantes como el casetón en diversos materiales como lo es el de madera con lona, poliestireno expandido, y fibra de vidrio. La utilización de estos materiales genera impactos negativos en el medio ambiente, por ejemplo, la madera y la guadua se obtiene de árboles, las lonas son un material obtenido de la rafia (material que se adquiere de palma de bambú o rafia) y luego es plastificada con polietileno, los casetones realizados en madera no se reutilizan ya que quedan incorporados en la placa, la utilización de estas materias primas genera deforestación en diferentes zonas del país. El poliestireno expandido es un material que no es de fácil degradación, en la mayoría de sus casos cuando se pretende reutilizar, no siempre es posible debido a que presenta deformaciones al quedarse adherido algunas partes de este en la losa.

En Colombia cada persona consume 24 kilos de plástico al año y solo se recicla el 20 % del más de 1,4 millones de toneladas desechos que de este material se consumen. Esto ubica al país como la nación que más contribuye a la contaminación del mar Caribe con plásticos, por encima de México y Estados Unidos. [7].

Por tal razón es importante que desde el sector construcción se pueda favorecer al medio ambiente al realizar una evaluación mecánica del plástico reciclado ya sea PET, HDPE, LDPE Y COMBINADO en casetones reutilizables para losas aligeradas y de esta manera responder a la siguiente pregunta:

¿Qué tan factible resulta el empleo de plástico reciclado en la elaboración de casetones recuperables para la construcción de losas aligeradas?

III. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizará en el desarrollo de este proyecto será mixta (cualitativa y cuantitativa), estará dividido en siete fases, lo que permitirá que el progreso de la investigación se realice de manera ordenada.



Fig 1. Fases de la metodología.

Las diferentes fases mostradas en la fig. 1 se van a desarrollar de la siguiente manera:

Fase 1 búsqueda y depuración de información secundaria: se realiza una búsqueda en bases de datos científicas, libros, repositorios, google académico, seleccionando la información que será útil para la investigación.

Fase 2. Análisis de información obtenida: de la indagación realizada en la fase anterior se revisa, clasifica y selecciona la información relevante respect del tema de estudio, y de manera particular lo referente a definiciones y antecedentes.

Fase 3. Diseño y construcción armable: Producir el diseño del casetón para que pueda ser recuperable de manera fácil y realizar el diseño en físico con las dosificaciones de plásticos reciclado propuestas.

Fase 4. Pruebas de laboratorio: realizar pruebas de laboratorios patronadas y no patronadas, comparando el casetón de plástico reciclado con los casetones convencionales, como el de madera con lona y el de poliestireno expandido.

Fase 5. Resultados de las pruebas: Mediante las pruebas realizadas en la fase 4, se hará el análisis de resultados y así poder indicar cuál de los modelos es viable según la resistencia del material.

Fase 6. Conclusiones: Analizando las fases anteriores se procede a concluir la investigación.

Fase 7. Elaboración Informe final: a partir de la información obtenida en las fases anteriores realizar el informe final del proyecto

IV. DISEÑO DEL CASETON

Para la realización del diseño del casetón se utilizó el programa SOLIDWORKS, con la licencia educativa. Inicialmente se realizó el diseño # 1 de un casetón que estuviera constituido por dos piezas esenciales como se presenta en la fig. 2; en la fig. 3 se observa el casetón armado a partir de las dos piezas.

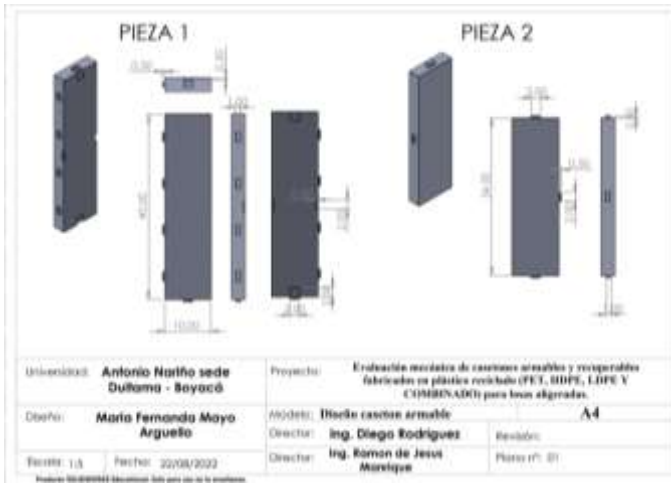


Fig 2. Plano de las Piezas del caseton.



Fig. 3. Armado del caseton con las dos piezas.

El diseño inicial presento dificultades técnicas al momento de elaboración del molde en acero, dada la complejidad de la fabricación de los conectores por tener dimensiones pequeñas, por ende, se realiza el diseño # 2 el cual estará constituido por 3 piezas como se puede observar en la fig. 4.

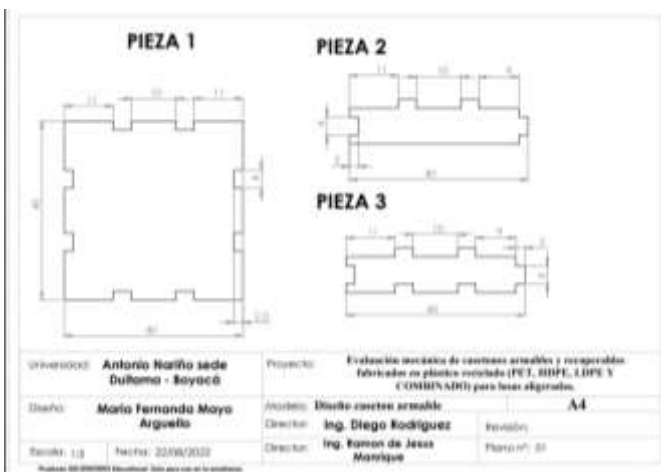


Fig. 4 Plano nuevas piezas para el molde.

Emsamblando los elementos propuestos se obtiene el caseton armado como se presenta en la fig. 4.

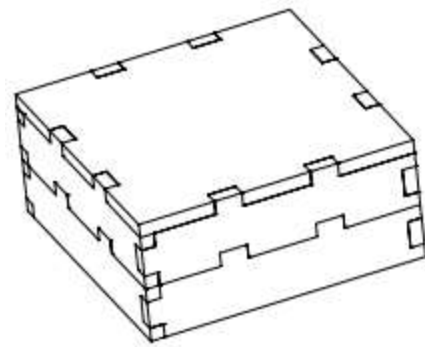


Fig. 5 Armado del caseton con las nuevas piezas

V. COMPOSICIÓN PARA LA ELABORACIÓN

Considerando que se va a elaborar el prototipo de casetón armable y recuperable en plástico reciclado (PET, HDPE, LDPE y combinado) se proponen realizar elementos con varias dosificaciones con los plásticos propuestos para aplicar las pruebas de laboratorio patronadas y no patronadas, y de esta manera seleccionar el que sea más adecuado.

El empleo del plástico PET como material alternativo se viene implementando de manera progresiva, y a partir de algunas de estas experiencias se inferir que no es posible el empleo de plástico PET aislado dado que por sus características este se cristaliza y se vuelve un material frágil, presentando un comportamiento no adecuado, razón por la cual se va a trabajar combinándolo con el HDPE esperando tener mejor resultados respecto en función de resistencia y comportamiento mecánico.

En la tabla 1. Se presentan las dosificaciones propuestas que se van a manejar.

TABLA I
Porcentajes de la composición del casetón.

| DOSIFICACIÓN | HDPE(%) | LDPE(%) | PET(%) |
|--------------|---------|---------|--------|
| 1 | 90 | 10 | 0 |
| 2 | 90 | 0 | 10 |
| 3 | 80 | 10 | 10 |

VI. PLÁSTICO POR PIEZA

Para la elaboración de las piezas se determina las cantidades de plástico a emplear en cada elemento, considerando el volumen de cada uno y la densidad del plástico.

El volumen es calculado multiplicando el ancho por el largo por el alto de cada figura, sumándoles un 5 por ciento más de desperdicio, como se puede observar en la tabla II.

TABLA II
Volumen de cada pieza

| PIEZA | LARGO (m) | ANCHO (m) | ALTO (m) | VOLUMEN (m ³) |
|---------|-----------|-----------|----------|---------------------------|
| ANCLAJE | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,000016 |
| 1 | 0,4 | 0,4 | 0,02 | 0,0062656 |
| 2 | 0,4 | 0,08 | 0,02 | 0,0007056 |
| 3 | 0,4 | 0,08 | 0,02 | 0,0006432 |

Para obtener la masa en kilogramos de cada pieza se multiplica densidad de cada plástico y el volumen de la pieza dependiendo de la dosificación propuesta en la tabla I.

La densidad del PET es de 1400 Kg/ m³, la del HDPE es de 955 Kg/ m³ y la del LDPE Kg/ m³.

TABLA III
Masa en kilogramos para cada pieza

| DOSIFICACIÓN | PIEZA | MASA PET(Kg) | MASA HDPE (Kg) | MASA LDPE (Kg) |
|--------------|-------|--------------|----------------|----------------|
| 1 | 1 | 0,00 | 2,91 | 0,31 |
| | 2 | 0,00 | 0,64 | 0,07 |
| | 3 | 0,00 | 0,58 | 0,06 |
| 2 | 1 | 0,47 | 2,91 | 0,00 |
| | 2 | 0,10 | 0,64 | 0,00 |
| | 3 | 0,09 | 0,58 | 0,00 |
| 3 | 1 | 0,47 | 2,59 | 0,31 |
| | 2 | 0,10 | 0,57 | 0,07 |
| | 3 | 0,09 | 0,52 | 0,06 |
| TOTAL | | 1,34 | 11,93 | 0,88 |

La dosificación seleccionada en color amarillo, verde y lila son las muestras que ya se realizaron en físico.

En la grafica 1 se observa la masa kilogramos por pieza.

GRAFICO I
Masa en kilogramos para cada pieza



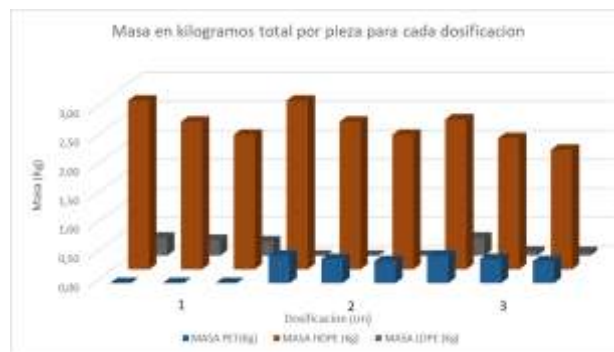
En la tabla IV se encuentra la masa total en kilogramos que se va a utilizar por cada dosificación.

TABLA IV
Masa total en kilogramos por cada pieza según la dosificación.

| DOSIFICACIÓN | PIEZA | MASA PET(Kg) | MASA HDPE (Kg) | MASA LDPE (Kg) |
|--------------|-------|--------------|----------------|----------------|
| 1 | 1 | 0,00 | 2,91 | 0,31 |
| | 2 | 0,00 | 2,55 | 0,27 |
| | 3 | 0,00 | 2,32 | 0,25 |
| 2 | 1 | 0,47 | 2,91 | 0,00 |
| | 2 | 0,41 | 2,55 | 0,00 |
| | 3 | 0,38 | 2,32 | 0,00 |
| 3 | 1 | 0,47 | 2,59 | 0,31 |
| | 2 | 0,41 | 2,26 | 0,07 |
| | 3 | 0,38 | 2,06 | 0,06 |
| TOTAL | | 2,53 | 22,48 | 1,27 |

En el grafico II se encuentra la masa total que se va a manejar para la realización de las dosificaciones escogidas.

GRAFICO II
Masa total en kilogramos para cada pieza por dosificación.



VII. TRABAJO DE CAMPO

Para la realización de las piezas físicas en plástico reciclado se compró el material ya triturado, el PET una empresa lo dono el plástico, el HDPE se compró a 3100 pesos colombianos el kilogramo y el LDPE peletizado a 2800 pesos colombianos el kilogramo.

El material PET y HDPE se encontraba sucio, por lo que se procedió a lavar el plástico y a secar, como se puede observar en la fig. 6 y la fig.7.



Fig.6 lavado del plástico



Fig. 7 Secado del plástico.

Inicialmente el molde a emplear fue en madera para el diseño # 1 como se ve en la Fig. 8 y la Fig. 9.



Fig. 8 Pieza 1 de la Fig.2



Fig. 9 Pieza 2 de la Fig.2.

Como primera experiencia se realizó una de las piezas del plano de la Fig.2 en físico, el molde se engraso para que no se fuera adherir el plástico al molde, el plástico se calentó en un fogón de leña como se puede observar en la Fig.10



Fig. 10 calentado del plástico

Luego que se estuvo calentando el plástico alrededor de 2 horas se tiene la masa para que pueda ser moldeado el plástico en el molde.

En la Fig,11 se puede observar cómo se realiza el llenado en el molde.



Fig 11. Llenado del molde con el plástico

Luego del llenado se procede a realizar presión con la tapa del molde y se introduce a un balde de agua fría y se deja por 20 min, para que el plástico solidifique, como se puede ver en la Fig. 12.



Fig. 12. Pieza solidificada

En la Fig. 12 se ve el resultado de calentar y moldear el plástico, en donde se pueden evidenciar varios vacíos dado que no se le aplicó la suficiente presión al momento de poner la tapa.

Debido a los problemas presentados con el molde de madera, ya que este no es material conductor de calor genera que queden vacíos y la terminación no sea la mejor estéticamente, razón por la que se realiza el molde en acero de 3/16 y ángulo en acero de 2*2 para el diseño # 2, como se muestra en la Fig. 13.



Fig. 13 Moldes en acero

Se pone a derretir el plástico según las dosificaciones 1,4 y 7. Como se puede observar en la Fig. 14, ya cuando el plástico se ve como una masa se toma la temperatura con el termómetro como se ve en la Fig. 15.



Fig. 14 plástico derretido y toma de temperatura

Se mantiene una temperatura constante de 180° para que el plástico se derrita y no se queme.



Fig. 15 Toma temperatura.

El molde se engrasa con aceite reciclado de cocina, luego se pone a calentar y se vacía el plástico en este para realizar la figura que tiene el molde.



Fig. 16 engrasado del molde y vaciado del plástico.

Se cierra el molde para generar presión y de esta manera el plástico tomará la forma del molde, luego se genera choque térmico al introducir el molde en agua fría y dejarlo en esta por un tiempo de 10 min, se saca y se desarma el molde y vuelve a introducirse la figura de plástico en agua fría por otros 10 min. Como se ve en la Fig. 17.



Fig. 17 enfriado de la figura en plástico.

Pasado el tiempo dicho anteriormente, se desmolda la figura, como se muestra en la Fig. 18, se hace el mismo

procedimiento con cada pieza.



Fig. 18 desmolde de la pieza.

Se realiza una pieza de la dosificación 6, pero al llevar tanto PET este se fractura al realizar fuerza con las manos, se puede observar en la Fig. 19.



Fig. 19 Fractura de la dosificación 6.

A continuación, en la Fig. 20 se observa el armado del casetón con las diferentes piezas realizadas.



Fig. 20 armado del casetón

VIII. CONCLUSIONES

- El molde es necesario calentarlo para que al momento de vaciar el plástico en este, para evitar que se generen vacíos y se vea mejor estéticamente.
- Por las propiedades mecánicas que ofrece el casetón de madera en comparación con el casetón de la dosificación 1 combinado (10% LDPE, 10% PET Y 80% HDPE), este último es la mejor opción debido a que presenta menor deformación y una mayor

resistencia, por lo tanto, técnicamente es viable.

- Al realizar la comparación de los casetones de plástico con dosificación 1, 2 y 3 con el casetón de poliestireno expandido de una deformación del 10%, se puede deducir que los tres casetones según su dosificación son viables de manera técnica, ya que estarían cumpliendo con las propiedades de resistencia y el porcentaje de deformación.

REFERENCIAS

[1]. BBVA, “¿Como se recicla el plástico y cuál es su objetivo?,” 24-Mzo-2021, disponible en: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/como-se-recicla-el-plastico-y-cual-es-su-objetivo/>

[2]. E.A. Soza Caballero, “Propuesta de Bloque Ecológico como Material de Construcción Sostenible a Base de Plástico Reciclado en Managua,” Tesis de grado, Dpto. de construcción, arquitectura, univ. Nacional autónoma de Nicaragua, 2020. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/17281/1/17281.pdf>

[3]. E. García De Los Santos et al, “Estudio De Factibilidad Bloques De Hormigón Con Agregado De Residuo Plástico ABS,” en 11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology Cancun, Mexico, disponible en: <https://www-virtualpro-co.ezproxy.uan.edu.co/descarga/estudio-de-factibilidad-de-bloques-de-hormigon-con-agregado-de-residuo-plastico-abs>

[4]. R. Medina Cruz y A. Blanco Blasto, “Manual de construcción para maestros de obra,” 2020. Disponible en: <https://www.acerosarequipa.com/manuales/pdf/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra.pdf>

[5]. D.A. Chávez y D.S. Londoño Ángel, “PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DISEÑO DE CASETONES Y MUROS NO ESTRUCTURALES CON BOTELLAS”, trabajo de Grado, Univ. Santo Tomás, 2021. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/32227/2/021diegohavez.pdf?sequence=18&isAllowed=y>

[6]. M. Sulyman, J. Haponiuk, and K. Formela “Utilization of recycled polyethylene terephthalate (PET) in Engineering Materials: A review,” International Journal of Environmental Science and Development, Vol. 7, No. 2, February 2016. Disponible en: https://bucketvirtualprivate.s3.amazonaws.com/files-bv/20180301/20180301-029.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAYKA7DVMDNQAJFXPY%2F20220926%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20220926T233208Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=1200&X-Amz-Signature=f9b8924a608d6b3a601ffebe9a61c22c71ea1735a6635b813a5f87cde7d29291

[7]. Semana, “Se requieren acciones urgentes para frenar la contaminación por plásticos, advierte la ONU,” 17-Mzo-2021. Disponible en: <https://www.semana.com/sostenibilidad/articulo/se-requieren-acciones-urgentes-para-frenar-la-contaminacion-por-plasticos-advierte-la-onu/202136/>