

Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficio

Alternative supplies for the manufacture of plastic wood in a cost-benefit study

Lenin Valdivieso Simba ¹[0000-0002-4454-0450], Paulina Manjarrés Días ²[0009-0003-9986-7201]

¹*Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador*

E-mail: lvaldivieso@istct.edu.ec

²*Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador*

E-mail: pmanjarresr@istct.edu.ec

Recibido: 30/09/2024

Aceptado: 07/11/2024

Publicado: 20/12/2024

Resumen

El impacto ambiental producido en Ecuador, se da básicamente por el mal procesamiento de desechos sólidos compuestos por materiales inorgánicos como: Polietileno Tereftalato (PET), papel reciclado y cascarilla de arroz, mismos que se utilizarán como insumos en la fabricación de bio-bloques de 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, tipo E. La metodología aplicada fue, cualitativa en el análisis de datos sin la necesidad numérica, correlacional en la relación de varios elementos inorgánicos y cuantitativa en el análisis de datos proporcionando resultados que fijan la viabilidad de la construcción del bio-bloque que superen pruebas físicas y mecánicas, dispuestas en la Norma INEN 634 (2014). El costo beneficio alcanzado en la presente investigación con respecto a un bloque comercial de las mismas características presenta ganancias en la producción a gran escala. Los resultados obtenidos fueron en el análisis del costo beneficio de la producción unitaria del bloque comercial (arena, cemento, graba, agua) 0,211 USD. Se empleo Polietileno Tereftalato (PET) en un 15%, cemento al 85%, costo de producción de 0,192 USD. Ceniza de cascarilla de arroz (cristalización-sílice), 20%, arena al 80%, bajando el costo de producción a 0,197 USD. También se utilizó papel reciclado en 5%, disminuye el empleo de la arena al 95%, con un costo de

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Días 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficio. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp.

Recuperado a partir de:

https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

producción de 0,208 USD. Comparando los costos de producción mencionados con el costo del bloque real, se establece 8,57% (PET), 6,19% (Ceniza de cascarilla de arroz) y 0,95% (papel) de ahorro en la construcción del bio-bloque.

Palabras clave: Ceniza de arroz, polietileno, papel, costo, producción

Abstract

The environmental impact produced in Ecuador is basically due to the poor processing of solid waste composed of inorganic materials such as: Polyethylene Terephthalate (PET), recycled paper and rice husks, which will be used as inputs in the manufacture of 15x20x40 cm bio-blocks, with 27x32 mm cells, type E. The methodology applied was, qualitative in the data analysis without the numerical need, correlational in the relationship of several inorganic elements and quantitative in the data analysis providing results that set the feasibility of the construction of the bio-block that overcome physical and mechanical tests, arranged in the INEN 634 Standard (2014). The cost benefit achieved in the present research with respect to a commercial block of the same characteristics presents gains in large-scale production. The results obtained were in the cost benefit analysis of the unit production of the commercial block (sand, cement, gravel, water) 0.211 USD. Polyethylene Terephthalate (PET) was used at 15%, cement at 85%, production cost of 0.192 USD. Rice husk ash (crystallization-silica), 20%, sand at 80%, lowering the production cost to 0.197 USD. Recycled paper was also used at 5%, decreasing the use of sand to 95%, with a production cost of 0.208 USD. Comparing the above production costs with the cost of the actual block, it is established that 8.57% (PET), 6.19% (rice husk ash) and 0.95% (paper) of savings in the construction of the bio-block.

Keywords: Rice ash, polyethylene, paper, cost, production

Introducción

Los residuos de Polietileno Tereftalato (PET), papel reciclado y cascarilla de arroz aumentan anualmente, la degradación del plástico Polietileno Tereftalato (PET) se acumula en vertederos, basurales o rellenos sanitarios que a futuro contaminan aguas subterráneas. El INEC cataloga al plástico en 2 grupos: plástico suave al 6.51% (561.28 toneladas diarias) de los residuos sólidos producidos y plástico rígido (4.45% (821.11 toneladas diarias)) (INEC, 2020). A pesar, de ser parte de la lista de los países con deficiencia para procesar sus desechos sólidos, acumulados a cielo abierto, en donde entierran 531.461 toneladas de plástico. En el año 2019, Ecuador ocupó el tercer puesto en recibir la importación de desechos plásticos de EEUU que muchas veces vienen mezclados con basura o contaminados con aceites industriales o químicos, siendo un impedimento para reciclar.

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficio. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Ecuador es el cuarto productor de arroz en sur américa (1,6 millones de toneladas anuales), mismo que produce desechos como son: paja, ceniza, salvado, arroz partido y cascarilla de arroz, según el MAGAP. El 35% de la cascarilla se utiliza en la Industria florícola como abono y camas para criaderos de animales; el restante 65 % se lo desecha al borde de las carreteras, que elimina gases nitrosos al aire, convirtiéndose en un factor contaminante (Polo del Conocimiento, 2021). La disgregación de la cascarilla de arroz se dificulta por su estructura cerrada. Además, se caracteriza por el alto contenido de sílice (20%) y su baja biodegradabilidad en condiciones del ambiente natural. (Prada & Cortés, 2010)

A nivel nacional según la Empresa Metropolitana de Aseo, anualmente ha recolectado 15.495,19 toneladas de residuos reusables, 14.8 toneladas de residuos especiales y peligrosos, 1.436,03 toneladas son recuperables de las cuales 56% corresponde a cartón y 14% a papel (Salgado, 2018)

Con base en la investigación de residuos, se plantea establecer la huella ecológica, re utilizando Polietileno Tereftalato (PET), ceniza de cascarilla de arroz y papel en la composición no estructural de un bio-bloque tipo A (liviano-densidad del hormigón < 1680 kg/m³), con una dimensión 40x10x20 cm, 40x15x20 cm, 40x20x20 cm. El PET es el insumo principal considerando el impacto ambiental y su difícil degradación (NTE.INEN.638, 2018).

La construcción de un bio-bloque tipo A de dimensiones (40x10x20 cm, 40x15x20 cm, 40x20x20 cm) re utiliza los residuos que representa un alto impacto ambiental y reduce el costo de producción unitario.

Las botellas PET, envases de refrescos, cosméticos, productos farmacéuticos, cintas de vídeos, se han ido sustituyendo a nivel mundial por diferentes materiales como el vidrio. Sin embargo, el material Polietileno Tereftalato (PET) o tereftalato de polietileno Compuesto de paraxileno derivado del petróleo y etileno derivado de líquido gas natural se convierte en etilenglicol con la oxidación del aire generan un alto impacto ambiental (Pérez & Ruiz, 2009).

El prototipo de bloque investigado con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenibles describe el uso de insumos de tereftalato de polietileno (PET), papel y almidón de yuca aplicando la metodología de investigación experimental basada en ensayos de resistencia a la compresión ASTM 39 y ensayo de absorción INEN 642, los resultados obtenidos demuestran que la resistencia varía de acuerdo a la cantidad de PET usado, los bloques superan el 1,4 Mpa,(Mega pascales) mismo que entran en la categoría C según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 3066 mismo que pueden ser utilizado en mampostería no estructural, generando una reducción de la contaminación al medio ambiente. (Alvarado, Josue, & Valle, 2021)

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficioso. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de:
https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

El presente estudio está orientado a evaluar el efecto de agregar Polietileno Tereftalato (PET), proveniente del reciclaje de las botellas plásticas en el hormigón como aditivo en reemplazo a la arena y analizar sus consecuencias, tanto técnicas en la resistencia a compresión y a flexión y en la penetración de cloruros (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2016).

La densidad del hormigón sufrió efectos con el uso del tereftalato de polietileno (PET), en las siguientes proporciones de mezcla de hormigón de modo considerando la relación agua-cemento fueron 45%, 49% y 53%, y las tasas de sustitución de Pet light weight aggregate (WPLA) eran 0%, 25%, 50% y 75% en volumen de agregado fino (Choi, 2005)

Es así como el presente estudio está orientado a evaluar el efecto de agregar Polietileno Tereftalato (PET), proveniente del reciclaje de las botellas plásticas en el hormigón como aditivo en reemplazo a la arena y analizar sus consecuencias, tanto técnicas en la resistencia a compresión y a flexión y en la penetración de cloruros, se incorporo un análisis económico que permita conocer la viabilidad y competencia en el mercado, para finalmente abordar un análisis del aspecto medioambiental, analizado a través de la huella de carbono. (Infante & Claudia, 2019)

El aprovechamiento de la cascarilla de arroz y plástico PET en la fabricación de bio-Bloques, garantiza la calidad y reducción el costo unitario de producción comparado con el bloque tradicional estandarizado, la investigación experimental desarrollada se basa en pruebas mecánicas, acústicas y térmicas, que determinan los resultados obtenidos en cuanto a la resistencia de compresión dispuestas en la Norma INEN 634 (2014), la que no se encuentra dentro de la clasificación de resistencias por ser inferior a 3,5 Mpa (Mega Pascales), mientras que la prueba acústica cumple con los niveles permisibles al ruido (Ganchozo & Zambrano, 2017).

En la investigación de económica del costo por producción de la fabricación de bloques de concreto incorporando ceniza de cáscara de arroz indica que en un promedio de 400°C y 800 °C de combustión la sílice está dentro de una fase de cristalización lo que implica que la ceniza es rica en sílice y disminuye el impacto ambiental. (Ccopa, 2019)

Esta investigación hace mención de la reutilización del papel reciclado en la producción de material para la construcción, a través de su estudio describe el uso de papel y aserrín como insumos reciclados para la obtención de ladrillos, las proporciones utilizadas son de 40% cemento, 29% papel reciclado, 17% aserrín y 14% cal, los resultados obtenidos fueron ladrillos con altas cualidades mecánicas, resistencia a la compresión DE 6,8 kg/cm² de acuerdo a la norma oficial peruana NOM-C036-ONNCCE-2003. Cabe mencionar que esta mezcla se puede emplear en el desarrollo de los bloques. (Saldaña, Rosales, & Muñoz, 2016)

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficioso. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de:
https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

El presente estudio describe la elaboración de bloques bioamigables, mediante el uso de papel reciclado y polvo de vidrio como insumos en la fabricación de bloques. El papel da consistencia y volumen a la masa de concreto, mientras el vidrio da soporte a la masa de concreto, las proporciones utilizadas fueron 14% cemento, 14% agua 24% papel y 48% vidrio, alcanzando el 56% de la resistencia exigida según la norma COPANIT 48-2001 de Panamá. (Almengor, Gutiérrez, Moreno, & Caballero, 2017)

El artículo a continuación detalla las proporciones para la construcción de bloques huecos de hormigón, establece que una carretilla aproximadamente 8 ft³ o 0,22 m³, 227 L o 60 gl, que soporta 460 lb o 207 kg de agua, con un promedio de 1200 lb o 540 kg de hormigón. La norma INEN 638 para bloques huecos de hormigón contiene: polvo de piedra y triturado de chasqui (Norma INEN 872), agua Norma (INEN 638). Los bloques analizados de 40x15x20 cm se estructuran con 3,5 carretillas de chasqui, 1,5 carretillas de polvo y 1 saco de cemento (Miranda, 2021)

En el presente estudio está orientado a evaluar la reducción del costo de producción unitario en un bio-bloque construido con Polietileno Tereftalato (PET), en el hormigón como aditivo en sustitución de la arena, frente a bloques estandarizados según la INEN, con la finalidad de conocer la viabilidad y competencia económica en el mercado, a través del análisis de la huella de carbono. Además, se establece otros componentes como la ceniza de cascarilla de arroz y el papel reciclado como opciones para usarlos en la construcción del bio-bloque que reduce el costo de producción unitario que se reflejaría en producciones a gran escala, reduciendo el costo de los insumos directos.

Materiales y métodos

Los estudios de costo beneficio desarrollados concluyen que los residuos contaminantes como el Polietileno Tereftalato (PET), papel reciclado y cascarilla de arroz, para la realización de los bloques es importante mencionar que se utilizaron los siguientes insumos: cemento, agua, agregado grueso, agregado fino y aditivos para mejorar la resistencia y durabilidad del bloque. Para el desarrollo del bio-bloque se disminuyeron en ciertos porcentajes los agregados fino y grueso para ser reemplazados por los tres elementos antes mencionados, con la finalidad de disminuir los costos de fabricación sin alterar las características mecánicas que deben cumplir para ser utilizados como elementos de construcción. Estos factores bajan el precio de producción con Polietileno Tereftalato (PET) se reduce en 8,57%, con papel reciclado, disminuye en 0,95% y con la cascarilla de arroz baja en 6,19 %. Considerando la reducción de costos el PET se convierte el elemento principal de aporte que dará lugar al bio-bloque de Polietileno Tereftalato (PET).

plástica en un estudio de costo beneficio. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp.
Recuperado a partir de:
https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Los autores Alvarado Alex, Torres Josué y Valle Alexis mencionan sobre el desarrollo de la construcción innovadora sostenible, en el artículo del Prototipo de bloque con base en materiales reciclados, el uso del Polietileno Tereftalato (PET), papel, almidón de yuca (adherente natural) e insumos propios del proceso, están sujetos a un enfoque experimental, donde se estima que los bloques no estructurales cumplen con normativas, alcanzando los resultados en el ensayo de resistencia que supera a 1,4 MPa, estableciendo que la resistencia depende de la cantidad de PET y que pueden ser usados en mampostería no estructural de alivianamiento de losas, según la norma INEN 3066. (Alvarado, Josue, & Valle, 2021)

En el artículo del aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celulosa, tiene orientación sostenible, al usar las cascarillas de arroz con la finalidad de la extracción de las fibras celulósicas que se obtienen por diferentes métodos, en donde se obtiene materiales poliméricos biodegradables, con elevado contenido de sílice y cenizas, de acuerdo del análisis físico químico de las cascarillas de arroz contiene el 19,54% de ceniza (concentración de dióxido de sílice), el mismo q es utilizado como sustituyente de la arena en el sistema de construcción de los bio-bloques. (Zambrano, García, Cedeño, & Alcivar, 2021)

Los autores Infante & Claudia, indican la viabilidad de la construcción de un bio-bloque por su competencia en el mercado en cuanto a costos de producción unitario. Adicional se establece una cultura de reciclaje de las botellas plásticas que se emplea como aditivo en el hormigón que se emplea como insumo directo de elaboración de un bio-bloque (Infante & Claudia, 2019)

El artículo de Pablo Cueva, en cuanto al sistema constructivo del bio-bloque basado en el consumo de papel reciclado y cemento, se convierte en un material económico por los bajos valores de estos insumos reciclados. Además, beneficia a la sociedad por que disminuye el impacto ambiental.

Por consecuencia se centra en la comparación económica de un bloque comercial de 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, tipo E, que está constituido por cemento, arena, grava y agua con un costo de producción de 0,21 USD. En Ecuador se identifica residuos que generan alto impacto ambiental y basados en esta problemática se analiza el uso de residuos de Polietileno Tereftalato (PET), papel reciclado y cascarilla de arroz que sustituyen al cemento y arena en porcentajes admisibles para obtener un bio-bloque con las características físicas y mecánicas que las normas de la construcción lo establecen, con la finalidad de ser utilizado en procesos de construcción de edificaciones.

A continuación, se detalla el costo de producción al emplear los residuos en sus diferentes porcentajes, en la sustitución analizada se usa la arena al 80% y ceniza de cascarilla de arroz al 20%, con un costo de producción de 0,197 USD, el siguiente residuo que reemplaza en 15% al cemento es el polietileno tereftalato (PET) con un valor asignado de 0,192 USD. También se considera usar papel en 5% y 95% de arena a 0,208 USD, por lo que, al cumplir con las propiedades físicas, mecánicas y bajar el costo de producción con respecto al costo de producción del bloque comercial es viable ejecutar el bio-bloque.

Resultados y discusión

El uso de los residuos Polietileno Tereftalato (PET), ceniza de cascarilla de arroz y papel son parte de la problemática en cuanto al impacto ambiental en Quito - Ecuador, por lo que se estudia el costo beneficio en la producción unitaria de bio-bloque de 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, tipo E, en el que se utiliza los residuos mencionados en la construcción. Es necesario considerar que el bloque comercial de 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm está compuesto por cemento, arena, grava y agua. Estos componentes serán sustituidos en determinados porcentajes por los residuos investigados.

En la construcción del bio-bloque se plantea emplear por costo beneficio de producción unitaria al PET, ya que se emplea el 15% de Polietileno Tereftalato (PET) y reduce el cemento al 85%. Así también se hace uso de la ceniza de cascarilla de arroz por su alto de grado de cristalización por la sílice que contiene, en la construcción del bio-bloque emplea 20% de la ceniza de cascarilla de arroz, reduciendo la arena al 80%. Además, con base a los altos porcentajes de contaminación se plantea incorporar dentro de los insumos de la construcción del bio-bloque al papel en 5%, dando paso al empleo del 95% de arena. El desarrollo del bio-bloque en función a los insumos provenientes de los residuos produce bloques con un valor unitario menor al bloque comercial.

En la tabla 1, se detalla el costo unitario del bloque comercial y el costo unitario del bio-bloque de 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, tipo E.

Tabla 1

Costo unitario de producción 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, tipo E comercial / bio-bloque.

| BLOQUE 15X20X40 cm –ALVEOLO 27X32 mm TIPO E | | |
|---|-------|-------------|
| TIPO DE BLOQUE | USD | % DE AHORRO |
| Bloque Comercial | 0,210 | 0,00 |
| Bloque-Polietileno Tereftalato (PET) | 0,192 | 8,57 |
| Bloque-Ceniza cascarilla de arroz | 0,197 | 6,19 |

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficio. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

| | | |
|--------------|-------|------|
| Bloque-Papel | 0,208 | 0,95 |
|--------------|-------|------|

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje del costo por los diferentes suministros utilizados.

La investigación se centra en el estudio comparativo de costos de producción unitarios de un bloque comercial 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm con los bio-bloques que utilizan residuos Polietileno Tereftalato (PET), ceniza de cascarilla de arroz y papel en porcentajes que disminuyen la arena y cemento del bloque comercial de cemento, arena, grava y agua.

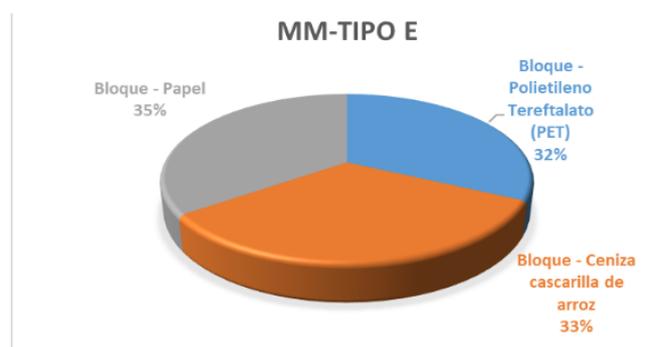
En la investigación obtenemos información de la Norma Técnica Ecuatoriana 638 (NTE-INEN 638) que determinan los insumos de construcción del bloque comercial cemento (NTE-INEN 152, 490, 1548), arena (NTE-INEN 872, 698), grava (NTE-INEN 872, 698) y agua el cual es el patrón de referencia para la comparación.

Tabla 2

Composición de un bloque comercial 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm

| BLOQUE 15X20X40 cm –ALVEOLO 27X32 mm TIPO E | | |
|---|---------|------------|
| PRECIO UNITARIO 0,211 USD | | |
| MATERIALES | MASA Kg | PRECIO USD |
| Cemento | 0,730 | 0,13000 |
| Arena (95%) | 5,520 | 0,06900 |
| Grava | 0,860 | 0.01200 |
| Agua | 0,860 | 0,00024 |

Nota. Esta tabla muestra la composición de un bloque comercial y su precio.



Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana 638 (NTE-INEN 638)

El bloque comercial es el punto de referencia, en el cual interviene el primer residuo Polietileno Tereftalato (15%), reduciendo al cemento a (85%), lo que representa un 8,57% de

plástica en un estudio de costo beneficioso. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

ahorro del costo unitario del bloque comercial que representa 0,02 USD, como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3

Costo de producción unitario del bio-bloque 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm con Polietileno Tereftalato (PET)

| BLOQUE 15X20X40 cm –ALVEOLO 27X32 mm TIPO E | | |
|---|---------|------------|
| POLIETILENO TEREFTALATO (PET) | | |
| PRECIO UNITARIO | | 0,208 USD |
| MATERIALES | MASA Kg | PRECIO USD |
| Cemento | 0,621 | 0,11050 |
| Arena (95%) | 5,220 | 0,06900 |
| Polietileno Tereftalato (PET) (15%) | 0,110 | 0,0000 |
| Graba | 2,340 | 0.01200 |
| Agua | 0,860 | 0,00024 |

Nota. Esta tabla muestra el precio unitario al utilizar Polietileno Tereftalato (PET)

Considerando los parámetros de sustitución parcial de los componentes que interactúan en la construcción de un bloque comercial, se determina que la ceniza de cascarilla de arroz (80%), disminuye a la arena en un 20%, lo que representa un 6,19% de ahorro con respecto al costo unitario del bloque comercial que representa 0,19 USD, como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4.

Costo unitario de producción del bio-bloque 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm con ceniza de cascarilla de arroz.

| BLOQUE 15X20X40 cm –ALVEOLO 27X32 mm TIPO E | | |
|---|---------|------------|
| CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ | | |
| PRECIO UNITARIO | | 0,197 USD |
| MATERIALES | MASA Kg | PRECIO USD |
| Cemento | 0,730 | 0,13000 |
| Arena (80%) | 4,416 | 0,05520 |
| Ceniza de Cascarilla de Arroz (20%) | 1,104 | 0,0000 |
| Graba | 2,340 | 0.01200 |
| Agua | 0,860 | 0,00024 |

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficioso. Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico, 6(2), pp. Recuperado a partir de: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

Nota. Precio unitario al utilizar la ceniza de cascarilla de arroz

El uso del papel reciclado puede sustituir a la arena en un 5%, factor que disminuye en 0,95 %, lo que representa un ahorro en los costos de producción con respecto al costo unitario del bloque comercial que representa 0,20 USD. La tabla 5 establece los porcentajes de insumos para la fabricación de un bio-bloque con el residuo de papel reciclado.

Tabla 5

Costo de producción unitario del bio-bloque 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm con papel

| BLOQUE 15X20X40 cm –ALVEOLO 27X32 mm TIPO E PAPEL | | |
|--|---------|------------|
| PRECIO UNITARIO | | 0,208 USD |
| MATERIALES | MASA Kg | PRECIO USD |
| Cemento | 0,730 | 0,13000 |
| Arena (95%) | 5,244 | 0,06555 |
| Papel (5%) | 0,276 | 0,0000 |
| Graba | 2,340 | 0.01200 |
| Agua | 0,860 | 0,00024 |

Nota. Esta tabla muestra el precio unitario al utilizar papel reciclado.

Conclusiones

El Polietileno Tereftalato (PET) en la construcción de bio-bloques 15x20x40 cm, con alveolos 27x32 mm, cumple con las características físicas y mecánicas para mampostería y levantamiento de paredes internas, representa un ahorro de 8,57 % con respecto al costo de producción de un bloque comercial, por lo que es viable ejecutar el proceso para un sistema de producción de bio-bloques, considerando que si se produce a gran escala la tasa de retorno interno se evidenciaría notablemente a diferencia de producir en pequeña escala.

Los materiales investigados Polietileno Tereftalato (PET), papel reciclado y cascarilla de arroz, el mejor costo de producción que representa un mayor retorno de inversión es el PET que con respecto al bloque comercial baja su costo en 0,019 USD.

El papel reciclado se podría combinar con otros residuos como la cáscara de coco con la finalidad de mejorar el costo de producción ya que se disminuye con respecto al bloque comercial, 0.003 USD. La ceniza de la cascarilla de arroz presenta un alto contenido de sílice (93%) permitiendo la resistencia del concreto utilizado en el bio-bloque.

Recomendaciones

Se recomienda hacer uso de los grupos existentes de plásticos, como son: plástico suave plástico rígido, para la construcción de los bio-bloques y de esta forma disminuir el impacto ambiental del Ecuador, considerando que se entierran 531.461 toneladas de plástico y un existente proceso deficiente de desechos sólidos.

La investigación desarrollada puede extender el alcance a la producción a gran escala, con la finalidad de aumentar el Tasa Interna de Retorno (TIR) de la empresa, en vista de que el costo de producción en cuanto al Polietileno Tereftalato (PET), es de 0,019 USD menor al valor del bloque comercial que se fija en 0,211 USD.

Se recomienda profundizar en la investigación de las características de la ceniza de cascarilla de arroz como un insumo en el desarrollo de bio-bloques estructurales, por el alto contenido de sílice (93%), en vista de que la actual investigación se ha desarrollado para bio-bloques no estructurales por la viabilidad mecánica y física. Es necesario desarrollar pruebas experimentales combinando los residuos Polietileno Tereftalato (PET), ceniza de cascarilla de arroz y papel, ya que esta investigación se enfoca en la sustitución de la arena o cemento con únicamente un residuo de los mencionados, en las pruebas experimentales, de fijarse la viabilidad con base a resultados aceptables de resistencia física y mecánica, el costo de producción mejoraría con respecto al porcentaje obtenido actualmente de 8,57%.

Referencias

- Albarado, A., Torres, J., & Valle, A. (2021). Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenible . *Revista Científica Camino de las Ciencias* , 291-303.
- Almengor, A., Gutiérrez, N., Moreno, J., & Caballero, K. (2017). Reciclaje de materiales para la elaboración de bloques bioamigables. *Revista académicas UTP*, 82-87.
- Demera, S., & Romero, B. (2018). *Evaluación de los residuos de cascarilla de arroz (Oryza sativa L.) como agregado en bloques para la construcción*. Manabí: Calceta:ESPAM.
- Ganchozo, C., & Zambrano, G. (2017). *Aprovechamiento de la cascarilla de arroz y plástico PET en la fabricación de Eco-Bloques en la ESPAM MFL*. Manabí .
- Hernandez, Fernandez, & Baptista. (2016). *Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la*.
- Manchola, Bernal, & Castro. (2018). *Prototipo de bloque con base en materiales reciclados* .

Valdivieso 1 Simba 2, L., Manjarrés 1 Díaz 2, P., (2024). Alternativa de insumos para fabricación de madera plástica en un estudio de costo beneficioso. *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 6(2), pp. Recuperado a partir de:
https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13

- Miranda, E. (Dirección). (2021). *Molde, mezcla y cantidad de bloques por bolsa de cemento/mod, and number of blocks per bag* [Película].
- NTE.INEN.638. (2018). *Bloques huecos de hormigón, definiciones, clasificación y codiciones generales*. Quito: Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
- Pérez, M., & Ruiz, R. (2009). *Reciclaje del PET: una alternativa viable*.
- Polo del Conocimiento. (2021). Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para obtención de fibras de celulosa . *POLO DEL CONOCIMEINTO* , 5.
- Prada, A., & Cortés, C. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral . *Scielo* , 2.
- Saldaña, J., Rosales, J., & Muñoz, A. (2016). Reutilización de papel reciclado en la producción de materiales de construcción aislante térmico y acústico. *Revista de Investigación y Desarrollo* , 68-74.
- Salgado, M. (28 de julio de 2018). El 56% de los residuos que se reciclan en la capital es de cartón. *El Telégrafo El Decano Digital* , pág. 1.
- Sánchez, J., Guerrero, F., Cerna, R., & Gonzales, K. (2018). Ladrillo ecológico elaborando con papel reciclado: costo y propiedades físico-mecánicas . *Conocimiento del desarrollo* , 29-34.