

Legos a base de caliche

Caliche-based legos

Greichy. Alain^{1}, Dalkis Cru^{2*}, Gladicelys. Espinosa^{2*}, Genesis. Rodríguez^{2*}, Jorge. Almengor^{2*},
¹Licenciatura en Ingeniería Naval, ²Licenciatura en Ingeniería de Energía y Ambiente, Facultad de Ingeniería Mecánica,
Universidad Tecnológica de Panamá*

Resumen El proyecto propone crear bloques con pines a base de diferentes tipos de caliche (baldosa, cielo raso y pared) los cuales, a través de un sistema de compactación, se puedan apilar unos sobre otros hasta formar estructuras en forma de paredes que se encajen como legos. La finalidad de este proyecto es aprovechar los residuos de obras civiles para crear bloques que funcionen como un sistema constructivo alternativo para viviendas temporales y permanentes de fácil montaje, a su vez reduciendo la granulación y la cantidad de material nuevo en la mezcla al utilizar diferentes porcentajes de caliche.

Palabras clave Bloques, caliche, lego, residuos de construcción.

Abstract The project proposes to create blocks with pins based on different types of caliche (tile, ceiling and wall) which through a system of compaction, can be stacked on top of each other to form structures in the form of walls that fit as laity. The purpose of this project is to take advantage of civil works waste to create blocks that work as an alternative constructive system for temporary and permanent housing that are easy assembly, in turn reducing the granulation and the amount of new material in the mix when using different percentages of caliche.

Keywords Blocks, caliche, lego, construction waste.

*Corresponding author: gladicelyseep@gmail.com

1. Introducción

Una gran cantidad de escombros producto de la demolición de estructuras son producidos anualmente en los países desarrollados, en que los depósitos de escombros derivados de la actividad de la construcción han llegado a ser un serio problema social y ambiental para las ciudades, debido a la necesidad de disponer terrenos para su vertimiento, como también el alto costo que implica su manejo. La necesidad de reciclar los escombros que produce la industria de la construcción está tomando, hoy en día, gran importancia [1]. Estudios realizados en Hong Kong muestran que un 55% de la composición de los escombros generados en la construcción son hormigón sin armar y hormigón armado [2], situación que genera una gran cantidad de materia prima para ser reutilizada en nuevas estructuras.

El cambio climático y la contaminación ambiental han hecho que los países inicien políticas cuyo enfoque es la disminución de estos volúmenes de residuos mediante su reutilización o buscándoles otra alternativa [3].

Es por ello, que en esta investigación se busca la mejora de las propiedades mecánicas de los bloques tradicionales con el uso de materiales reciclados, abaratando costos y que además proporcione un rendimiento aceptable y dé una forma diferente

de llevar a cabo el reciclaje de residuos de materiales de obras civiles como lo son caliche de paredes, cielo raso y baldosas.

El producto que se propone desarrollar consiste en bloques de caliche encajables, los cuales tendrán pines en la parte superior y hendiduras en la parte inferior, con el propósito de acoplarse con los demás bloques que se encuentren debajo y encima del mismo. Con este bloque se propone brindar un tipo de construcción más simétrico reduciendo tiempo y materiales empleados. Los bloques, al encajar entre sí generan un nivel de adherencia, por lo que se necesita menor tiempo empleado en su acoplamiento.

2. Antecedentes

El uso de escombros reciclados es cada vez más habitual en el campo de la construcción, en ámbitos muy variados como agregados para diferentes tipos de concreto, de bloques no estructurales, construcción de terraplenes, rellenos y capas firmes de carreteras.

Los destinos de estos materiales reciclados dependen de la naturaleza o composición mayoritaria de los residuos. Así, para terraplenes se suelen utilizar materiales procedentes de residuos cerámicos como el asfalto o residuos de concreto de edificaciones demolidas o el concreto de pavimentos rígidos,

pues estos son diseñados con una resistencia bastante alta por estar sometidos a las tracciones causadas por el peso de los vehículos que lo transitan.

Estos conceptos interesaron a diferentes países que se ven en la apresurada necesidad de reciclar debido a los pocos recursos naturales que poseen, de tal manera que hay numerosas obras civiles elaboradas con un porcentaje de materia prima reciclada de residuos de hormigón [4].

Uno de los proyectos más significativos sobre reutilización de escombros de demolición para la fabricación de hormigón ha tenido lugar en Dinamarca. La construcción del “Great Belt Link” una gran red de enlace entre Dinamarca y Suecia, suponía la modificación de la red de carreteras existentes y la demolición de varias estructuras, entre las que se encontraba la de un puente de hormigón armado. En esta demolición se llevaron a cabo distintas investigaciones sobre técnicas de demolición y utilización del hormigón triturado como árido para un nuevo hormigón. Finalmente, los escombros fueron procesados y empleados en la fabricación del hormigón que se utilizó para la construcción de “La casa reciclada”, en Odense para cimentaciones de pantallas acústicas [5].

En Panamá se estima una generación aproximada de 1,030,400 m³ de Residuos de construcción y demolición (RCD). Esta generación equivale a más de B/. 180 millones que pierde el sector por mal manejo, de la siguiente manera: B/. 165 millones por merma (92%), B/. 4.6 millones por transportación (2%), B/. 10.4 millones por disposición (6%) [6].

3. Marco teórico

3.1 Arquitectura sustentable

A medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más. El progreso tecnológico, por una parte y el acelerado crecimiento demográfico, por la otra, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos, a atentar contra el equilibrio biológico de la Tierra. Por lo tanto, surge la arquitectura sustentable (también denominada arquitectura sostenible, arquitectura verde, eco-arquitectura y arquitectura ambientalmente consciente) como una nueva forma de construcción para evitar que el deterioro del medio ambiente avance.

La construcción sustentable promueve diversos beneficios que se extienden más allá de su participación en el mejoramiento de las condiciones ambientales y mitigación del impacto ambiental, dado que representan el establecimiento de un nuevo orden de los principios básicos de diseño en todas y cada una de sus escalas.

La ecoarquitectura no resolverá por completo los problemas ambientales del mundo. No obstante, contribuirá

significativamente a la creación de un hábitat humano más sostenible, otorgándoles un papel importante a todos los ingenieros, arquitectos y diseñadores. La ecoarquitectura logra así un cambio a través de la utilización de materiales locales (lo cual evitará la producción de CO₂ generada por el transporte, además de favorecer el desarrollo de la industria local), considerando todos los componentes (ya sea el agua, la tierra, etcétera), reutilizando y/o reciclando materiales en la misma obra o para otras construcciones, seleccionando materiales durables, logrando eficiencia energética con la elección y combinación de materiales (es decir, emplear equipos que consuman menor cantidad de energía que ofrezcan el mismo servicio), diseñando con austeridad y simplicidad (en otras palabras, hacer más con menos), proyectando con energías renovables, evitando en los procesos constructivos la generación masiva de residuos (ya sean sólidos, líquidos o gaseosos), rediseñando los sistemas constructivos pensando en la mayor eficiencia de los materiales y las tecnologías u optando por la utilización de materiales ecológicos. Estos últimos ayudan a cuidar el medio ambiente y brindan un entorno saludable y sostenible que responde adecuadamente a las necesidades de los seres humanos, ya que no contienen productos peligrosos o contaminantes, y además favorecen el ahorro de energía. [7].

4. Materiales y métodos

Los materiales utilizados para la elaboración de los bloques fueron: cemento, agua, arena caliche de bloques, baldosa y cielo raso.

La evaluación del uso de los residuos de construcción como adiciones en la elaboración de bloques de construcción, se realizó en tres momentos: el primero recolección y caracterización de los residuos, el segundo selección de los porcentajes de las adiciones y construcción, y por último la determinación de las características mecánicas de los bloques, para así establecer la viabilidad de su uso.

4.1 Recolección y caracterización de los residuos

4.1.1 Obtención de la materia prima

Los materiales fueron recolectados de una casa que sería remodelada. La mayor parte de estos residuos se trasladan a vertederos que, si bien en principio no contaminan, sí producen un gran impacto visual y paisajístico.

Posteriormente, todos estos residuos fueron limpiados manualmente para liberarlos de suciedades y continuar con su trituración.

4.1.2 Trituración y tamizado

Una vez llevada a cabo la limpieza, se procedió a la trituración de los residuos con la ayuda de un mazo hasta lograr tamaños máximos de partículas de 30 mm (figura 1). Seguidamente, los residuos fueron tamizados hasta obtener una granulometría similar a la de la arena.



Figura 1. Trituración del caliche de pared.

Tabla 1. Porcentajes de adición residual evaluados en la elaboración de bloques de construcciones de legos

Adiciones residuales	Porcentajes	Agua	Cemento	Arena	Caliche
Caliche de paredes	75	310 ml	1573 g	313 g	209 g
	50	300 ml	468 g	281 g	187 g
	25	280 ml	522 g	944 g	629 g
Caliche de baldosas	75	320 ml	90 g	135 g	680 g
	50	310 ml	190 g	285 g	476 g
	25	320 ml	320 g	480 g	267 g
Caliche de cielo raso	75	400 ml	330 g	496 g	825 g
	50	330 ml	260 g	390 g	650 g
	25	380 ml	468 g	702 g	390 g

4.2 Selección de los porcentajes de las adiciones de los residuos y construcción

Se elaboraron un total de 27 bloques de construcción, 9 de ellos utilizados para las pruebas de resistencia, con diferentes porcentajes de residuos (tabla I), seleccionando para este proyecto porcentajes de 25, 50 y 75% de materiales residuales de obras civiles.

Se utilizó un porcentaje de 60% de arena y 40 % de cemento en la elaboración de los diferentes tipos de bloques.

4.2.1 Preparación de la mezcla

Una vez que tenemos determinados los porcentajes de cada residuo, se realiza el mezclado con una plancha de batir. Primero se mezcló en seco; colocando la arena, el caliche de pared y el cemento, hasta lograr la homogenización de la mezcla (figura 2). Luego se agregó el agua poco a poco hasta

obtener la textura deseada durante cinco minutos, así sucesivamente con los otros dos tipos de caliche.



Figura 2. Mezcla de caliche de pared con cemento y arena.

4.2.2 Moldeado de los bloques

Obtenida la mezcla se procedió a colocarla dentro de un molde metálico por capas conforme se iba compactando para obtener una mayor resistencia.

En la elaboración de los bloques se utilizó una mini máquina de fabricación de bloques casera, de fácil manejo (figura 3), con un proceso de prensado que compacta una mezcla de arena; material residual, agua y cemento. El molde metálico consta de una parte macho y hembra en la parte superior e inferior que le dan al molde la forma de legos para permitir el ensamblado de los bloques.



Figura 3. Mini máquina de fabricación de bloques casera.

4.2.3 Curado de los bloques

Los bloques fueron curados durante cinco días para hacer los análisis correspondientes de resistencia a compresión; durante estos días se remojaron los bloques tres veces diarias para aumentar su resistencia.

Además, se consiguió un bloque de concreto (tipo comercial), siendo este el bloque patrón; es decir, el bloque con el que se comparó la resistencia de los bloques hecho a base de caliche. En este caso los bloques diseñados son de doble hueco; con dimensiones de 6 cm de ancho, 4 cm de alto y 9.7 cm de largo (figura 4). El ancho de la parte de ensamblado es de 2.5 cm y 1 cm de alto.

Según la Cámara Panameña para la Construcción, y otras empresas fabricantes de bloques, el tiempo de curado de los bloques de concreto es de 28 días, a ese tiempo los bloques deben tener una resistencia del 99% [8].



Figura 4. Bloque de caliche de pared a 25%.

4.3 Determinación de las características mecánicas de los bloques

Terminado el proceso de curado de los bloques elaborados se realizan los análisis de resistencia a compresión para determinar la calidad de los mismos.

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Panamá, en una máquina de ensayo calibrada según la norma ASTM C39 (figura 5).



Figura 2. Máquina de ensayo.

En Panamá la norma que rige el diseño y prueba de bloques es la Norma Técnica Panameña DGNTICOPANIT 161-2001, la cual establece las condiciones y requisitos generales que deben cumplir los bloques de concreto para uso no estructural. La resistencia mínima a la compresión por unidad individual debe ser 3.45 MPa. [8].

5. Resultados y discusión

A continuación, se presentan en la tabla II, los resultados de los diferentes ensayos realizados con los tres porcentajes de adición por cada adición residual (caliche de pared; caliche de baldosas y caliche de cielo raso) empleada como adición del aglomerante.

Tabla 2. Porcentajes de adición residual evaluados en la elaboración de bloques de construcción en forma de legos

Adiciones residuales	Porcentaje	Resistencia
Calidad de pared	75	1.12 MPa
	50	6.55 MPa
	25	7.64 MPa
Caliche de baldosa	75	1.55 MPa
	50	0.58 MPa
	25	12.35 MPa
Caliche de cielo raso	75	1.52 MPa
	50	3.67 MPa
	25	3.99 MPa

5.1 Análisis de la resistencia por compresión a la adición de caliche de pared

Al observar la resistencia a compresión de los bloques en forma de legos con caliche de pared, se evidencia que la resistencia es inversamente proporcional al porcentaje, teniendo en cuenta que al aumentar la cantidad de adición disminuye la resistencia. La resistencia de los bloques con el 25 % de adición es superior, ya que consta de un mayor amarre de la mezcla; los del 50 % presentan resistencia intermedia, y los del 75 % son los de menor resistencia debido a que el sistema se vuelve menos consistente. La mayor resistencia se registra en los bloques con 25 % de material reciclado porque constan de más porcentaje de material de amarre como lo son el cemento y la arena.

5.2 Análisis de la resistencia por compresión a la adición de caliche de baldosas

Los bloques elaborados con caliche de baldosas, con porcentajes de 25% presentan la mayor resistencia, los de 75% constan de una resistencia menor y por último siendo los de 50 % los menos resistentes con 0.58 MPa.

5.3 Análisis de la resistencia por compresión a la adición de caliche de baldosas

Al igual que los bloques a base de caliche de pared, estos también constan de mayor amarre y rigidez al poseer más porcentaje de cemento y arena que de material reciclado.

En relación con el porcentaje manejado para los bloques, siguen siendo más representativos los bloques con el 25 % de las adiciones residuales para las tres adiciones de caliche de pared; caliche de baldosa y caliche de cielo raso, con valores de 7.64 MPa, 12.35 MPa y 3.99 MPa, respectivamente. Esto posiblemente es debido a que son las relaciones más bajas de cemento/material residual, lo cual tiene mayor cantidad de cemento por unidad de volumen del bloque estructurado, que

aumenta la capacidad cementante en relación con las demás proporciones.

Comparando la resistencia del bloque de concreto para uso no estructural con el bloque de caliche de baldosa al 25% se pudo observar que la resistencia del bloque de caliche es superior teniendo el bloque comercial una resistencia promedio de 3.45 MPa y el de caliche de baldosa 12.35 MPa. Además, se debe tener en cuenta que los bloques a base de caliche no cumplieron los días de secado adecuado debido a falta de tiempo.

6. Conclusiones

En los resultados mostrados en la tabla II, se evidencia la influencia del agregado reciclado en la mezcla, disminuyéndole la resistencia a la compresión que desarrollan los bloques.

Técnicamente no es viable remplazar en su totalidad el agregado natural por reciclado para la fabricación de los bloques, pero sí un buen porcentaje de este, recalando que, por el bajo nivel de compactación utilizado en esta investigación para la fabricación de los bloques, debido a la carencia de la maquinaria adecuada y el poco tiempo de curado se pudo haber obtenido mejores resultados.

Las pruebas mecánicas determinaron que los bloques en forma de legos a base de caliche de baldosas resultan ser los más resistentes con una resistencia de 12.35 MPa, presentan mayor amarre y son más eficientes, seguidos de los bloques de pared con una resistencia de 7.64 MPa. Los bloques a base de caliche de cielo raso son los menos eficientes con una resistencia de 3.99 MPa, posiblemente porque este tipo de material al mojarse se expande y pierde su resistencia.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación se realizó bajo la tutela del Ing. Jorge Almengor y la guía por parte del Ing. Chi Shun Hong, a quienes les expresamos nuestro más sincero agradecimiento. Además, de agradecer la paciencia, tiempo y dedicación que tuvieron para que esto se realizara de manera exitosa.

REFERENCIAS

- [1] Poon, C.S., Kou, S.C. y Lam, L., Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks, *Construction and Building Materials* 16 (5), pp. 281-289, (2002).
- [2] Poon, C.S., Yu, A.T.W. y Ng, L.H., On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong, *Resources, Conservation and Recycling* 32 (2), pp. 157-172, (2001).
- [3] F. Debieb, and S. Kenai, "The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete". *Construction and Building Materials*, vol. 22, pp. 886-893, 2008.
- [4] Virgilio and G. Cornejo, "Aprovechamiento De Escombros Como Agregado Para La Fabricación De Adoquines Estándar," pp. 1-67, 2007.
- [5] "Residuos de construcción y demolición | CEDEX." [Online]. Available:<http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/35/residuos-de-construccion-y-demolicion/>.
- [6] I. Araceli, C. L. Alfredo, and D. Bois, "CONSEJO NACIONAL DE LA EMPRESA PRIVADA CENTRO NACIONAL DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA DE PANAMÁ -Abril 2014." Retrieved from <http://www.cnpml.org.pa/images/mesa-de-dialogo/estudios/sensibilizacionrcd.pdf>.
- [7] Martino (s.f.) Qué es y cómo aplicar la arquitectura sustentable. Recuperado de http://www.estudiomartino.com/subsitios/publicaciones/que_es_y_como_aplicar_la_arquitectura_sustentable.php.
- [8] Industrias., M. d. (2001). NORMA TÉCNICA PANAMEÑA DGNTI-COPANIT 161-2001.