

Módulo de vivienda con material reciclable en la ciudad de Huánuco

Housing module with recyclable material in Huánuco

Sumaya Jaimes Reátegui, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú, **E-mail:** maya_jaymes@hotmail.com,
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-6376-3716>

Edgar Grimaldo Matto Pablo, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú, **E-mail:** edgar_matto_ic@hotmail.com

Darcy Eudomilia Arestegui de Kohama, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú, **E-mail:** deam_hco@hotmail.com

Lucio Torres Romero, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú, **E-mail:** lutor56@hotmail.com

Heli Mariano Santiago, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú, **E-mail:** helimasa@hotmail.com

Erasmus A. Fernandez Sixto, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú, **E-mail:** erasmof1@hotmail.com

Edelmido D. Cueva Solis, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú, **E-mail:** edelcs@hotmail.com

Cynthia S. Carbajal Vílchez, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú

Mijael Hans Valladares Ventura, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú

Emerson Pavel Valentín Valverde, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú

Cesar Augusto Simón Campos, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú

Recibido el 31 de agosto, 2017
Aceptado el 12 de octubre, 2018

ISSN 1995 - 445X (Versión Digital)

Resumen

La construcción de un módulo de vivienda con materiales reciclables aporta con un sistema constructivo innovador y permite cambiar la conducta ambiental. El objetivo de la investigación es la construcción de un módulo de vivienda con material reciclable en la ciudad de Huánuco, transformando los residuos sólidos en elementos útiles para la construcción de viviendas, así mismo presentar una propuesta de solución al problema de déficit de viviendas y al problema de contaminación ambiental. La metodología planteada genera nuevo conocimiento en la experiencia proyectual de un proyecto hecho o de uno a construir. Se realizó ensayos de compresión de las botellas de plásticos y se analizó la cimentación. Se concluyó que los neumáticos de aro 16 son aptos para utilizarlos en la cimentación y en las ventanas; los neumáticos de trimoviles son aptos para el sobrecimiento; las botellas (pet) de agua mineral, rellena con tierra compacta son aptos para los muros y las fajas de neumáticos son aptos para la cobertura.

Palabras clave: Vivienda, material reciclable.

Abstract

The building of a housing module with recyclable materials contributes with an innovative construction system and allows changing environmental behavior. The objective research is the building of a housing module with recyclable material in Huánuco, transforming solid waste into useful elements for the building of houses, as well as presenting a proposal for a solution to the problem of housing deficit and problem of environmental pollution. The proposed methodology research generates new knowledge in the project experience of a project made or one to be built. Compression tests were carried out on the plastic bottles and the foundation was analyzed. It was concluded that the ring tires 16 are suitable for using in foundations and windows; the tires of tricycles are apt for the stem wall; the bottles (pet) of mineral water, filled with compact earth are suitable for the walls and the strips of tires are suitable for coverage.

Key words: Housing, recyclable material.



Introducción

Para el 2030, cerca de 3,000 millones de personas o el 40% de la población del mundo necesitarán tener acceso a viviendas, infraestructura básica y a otros servicios. Estas cifras pueden traducirse en la necesidad de construir 96.150 viviendas diarias en suelos con servicios y documentos a partir de este momento y hasta el 2030 (ONU HABITAT, 2018).

Cada minuto se compra un millón de botellas de plástico en todo el mundo y la cifra se disparará otro 20% para 2021, creando crisis medio ambiental que algunos activistas comparan en gravedad con el cambio climático. La demanda equivale a la compra de 20000 botellas por segundo, está impulsada por un deseo de agua embotellada aparentemente insaciable y por la cultura de consumo occidental a China y a la región de Asia Pacífico (Laville, S. & Taylor, M, 2017).

En el Perú el déficit habitacional es de 1860,691 viviendas. El 79% (147',947 viviendas) del déficit habitacional es cualitativo mientras que el 21% (389,745 viviendas) es cuantitativo. Así mismo, el déficit habitacional urbano representa el 65% del total, mientras que el rural representa el 35% (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017). En el año 2016, en el Perú, se generaron 7005576 toneladas de residuos sólidos municipales urbanos, de ese volumen el 18.7% son residuos inorgánicos reciclables con potencial de generar empleo a través de negocios innovadores (papel, cartón, vidrio, plástico pet, plásticos duros, tetra -pak, metales y residuos eléctricos y electrónicos-RAEE) y solo se recicla 1.9% del total de residuos sólidos reaprovecharles que se generan (Ministerio del Ambiente, 2018).

Al año 2007 el déficit habitacional total de la región de Huánuco era de 71,927 viviendas, siendo el 7.3% cuantitativo y 92.3% cualitativo (INEI, 2009). La mayor concentración de la población urbana se concentra en la ciudad de Huánuco, conformada por las tres áreas urbanas de los distritos de Huánuco, Amarilis y Pillco Marca, que generan 100 toneladas de residuos por día con un porcentaje de 4.37 botellas de plástico,

el destino final es el botadero controlado de Chilipampa, ubicado en el centro poblado de Santo Domingo de Nauyán (Municipalidad de Huánuco, 2018).

Los residuos sólidos, como las botellas pet, constituyen un problema de contaminación ambiental por la magnitud de producción y el recojo de los mismos, pero, por lo contrario, su reciclaje y reutilización ayudan a su disminución. Los neumáticos, por su material de caucho y su masiva producción, representan una amenaza pública por su mala disposición final y tiene una gran impacto sobre los recursos naturales, ya que para su fabricación demanda una gran cantidad de agua, energía, hidrocarburos, textiles, acero, azufre pigmentos (Robayo, 2015). Además, ambos materiales tardan mucho tiempo en degradarse, no obstante, estos se pueden transformar en elementos útiles de construcción de viviendas.

La construcción de un módulo de vivienda con materiales reciclables aporta con un sistema constructivo innovador y permite cambiar la conducta ambiental. El tipo de construcción es relevante científicamente por el aporte con nuevos conocimientos de los materiales reciclables que tiene mejor comportamiento estructural; es relevante socialmente por ser una propuesta para contribuir a la solución de los problemas habitacionales y ambientales; es relevante académicamente por la aplicación de conocimientos adquiridos y la experimentación en nuevos procesos constructivos.

El objetivo de este trabajo de investigación es construir un módulo de vivienda con material reciclable en la ciudad de Huánuco, desde el cimiento, sobre cimiento, muros y cobertura.

Marco teórico

Michael Reynolds fue el pionero en investigaciones y en la construcción de viviendas con materiales reciclables; la vivienda en forma de nave (earships) lo construyó con neumáticos, latas, botellas de vidrios (Reynolds, 1990). Laínez (2014) estudio la resistencia a la compresión de las botellas pet con diferentes rellenos, obtuvo como resultado, las botellas vacías no se rompieron

con fuerza aplicada de 100 kilos luego recuperaron su forma, sin embargo: las rellenas con tierra se compactaron con fuerza aplicada, no recuperó su forma y adoptó la forma de la tierra compactada; las rellenas con arena se rompieron dispersándose la arena; las rellenas con tierra y arena también se rompieron; las rellenas con plástico y bolsas de fritura se compactaron con la fuerza aplicada y luego recuperó su forma.

Las ventajas de la construcción de viviendas con botellas de plásticos son: la estabilidad de los materiales por demorar en degradarse; el buen aislamiento térmico por estar las botellas rellenas de tierra; es económico y autoconstruible; sin embargo el sistema constructivo no tiene reglamentación ni caracterización (Ruiz Valencia, López Pérez, Cortes, & Froese, 2012).

Coímbra (2009) estudió la utilización de neumáticos en las zapatas y columnas en viviendas no mayores a dos pisos, para solucionar el problema ambiental que genera la acumulación de aquellos, obtuvo como resultado, la carga estructural de 18 toneladas que aplicó a la zapata construida a escala real era resistente y no se afecta la seguridad estructural como elemento rígido, así mismo para zapatas de las columnas resistieron hasta 12 toneladas.

Se considera un módulo de vivienda a una vivienda mínima que necesita un núcleo familiar, en formación, para cubrir su necesidad actual de vivienda. El módulo básico consta principalmente de tres ambientes como sala-comedor, cocina y dormitorio, y un servicio higiénico, permitiendo su ocupación inmediata (Carrera, 2005). Por reciclaje entendemos el tratamiento o manipulación de los desechos, de forma artesanal o industrial, para crear un componente o un material nuevo, una materia prima (Bedoya, 2011, p. 98); igualmente, botellas PET es un "polímero producto de la policondensación del ácido tereftálico y glicol etilénico"(Mansilla-Pérez & Ruiz-Ruiz, 2009, p.124). Estas botellas son las que contiene agua mineral y gaseosas.

Por otro lado, se considera un muro aquel " muro arriostrado cuya estabilidad lateral está confinada a elementos de arriostre

horizontales y/o verticales y que incluye refuerzos"(Normas E.080 Diseño y construcción de tierra reforzada, 2017, p.5). De igual modo, los neumáticos: también denominado goma o llanta en América, es una pieza fabricada con un compuesto basado en el caucho que se coloca en la rueda de un vehículo para conferirle adherencia, estabilidad y confort. La estructura del neumático está formada en la parte interior por láminas de caucho, una malla de acero y/o textil y una capa exterior de caucho macizo moldeado, que constituye la banda de rodadura (Martínez, 2005).

De igual manera, la fibra de cabuya es una planta típica del Perú, Ecuador y Bolivia. Este vegetal es de múltiples usos: de su fibra se hacen hilos, de sus hojas papel, de sus espinas agujas. Las fibras de cabuya se utilizan para hacer hilos con los que se pueden confeccionar redes, cestería, y sogas para puentes colgantes (Diccionario Textil, 2018). Por su parte, la tierra es un producto de la erosión de las rocas de la corteza terrestre. La composición y variedad de las propiedades de la tierra dependen del lugar donde encuentra. La tierra es una mezcla de arcilla, limo y arena que alguna vez contiene agregados mayores como grava y piedras (Minke, 2005). Como material de construcción está disponible en cualquier lugar y en abundancia. La tierra es un material inocuo, no contiene ninguna sustancia tóxica, y es totalmente reciclable.

Metodología

El presente trabajo sigue el enfoque de la investigación en Arquitectura, entendiendo esta, como una investigación proyectual donde el proyecto es el elemento cognitivo; es investigar sobre el proyecto e investigar con el proyecto. La generación del nuevo conocimiento es la experiencia proyectual de un proyecto hecho o de uno a construir. (Fernández, 2013). La construcción de una vivienda con material reciclable nos permitirá tener conocimiento del proceso constructivo.

Se realizó pruebas de resistencia a la compresión a las botellas de plástico, a las cimentaciones y en proceso constructivo se efectuó el trazó del terreno, excavaciones para cimentaciones y drenaje fluvial; las

cimentaciones y sobrecimentación neumáticos, los muros con botellas pet y la cobertura con franjas de neumáticos.

Resultados

Prueba de laboratorio

Del análisis de diferentes tipos de botellas, se concluyó que las botellas rellenas de tierra son aptas para la construcción por su resistencia y por la gran cantidad disponible. (Figura 1-3)



Figura 1. Ensayo de compresión a la botella de agua mineral



Figura 2. Ensayo compresión axial a botellas de Coca cola



Figura 3. Ensayo de compresión axial a botellas de Sporade

Del estudio de las cimentaciones se concluyo que la capacidad portante del suelo es de 0.89 kg/cm², el cual es muy bajo para cimentaciones, por lo que se colocó 3 filas de llantas aro 16 rellenos con material compactado de tierra.

El proceso constructivo siguió los pasos siguientes:

Limpieza de terreno: El terreno contenía material de cultivo por lo que se realizó el corte y la limpieza de terreno. (Figura 4)



Figura 4. Terreno del módulo de vivienda

Trazo y replanteo: Se realizó en el terreno la colocación de balizas de madera para ubicar los ejes de construcción y con el yeso se señaló el ancho de excavación de zanjas. (Figura 5)



Figura 5. Señalización del ancho de excavación de la zanja

Excavación de la cimentación: Se realizó la excavación de la zanja con una profundidad de 1m con un ancho de 0.5 m en toda la base de los muros. (Figura 6)



Figura 6. Excavación de zanja

Filtro para drenaje fluvial: En el terreno se encontró la capa freática a una altura de 1m, por seguridad y estabilidad de la vivienda se colocó una cama de 0.20m de alto de piedra chancada, en la parte central se enterró una tubería PVC de 3" con agujeros de 1/4" a 75°; 90° y 105° en la parte superior a una distancia

entre 10 y 15 cm para la evacuación pluvial adecuada y óptima de toda la cimentación de los muros. (Figura 7-8)



Figura 7. Tubería enterrada



Figura 8. Cama de piedra chancada

Cimentación con neumáticos aro 16: Se realizó la cimentación sobre la cama de piedra chancada con neumáticos de aro 16, en tres (3) hileras horizontales, debidamente rellenas con tierra previa compactación, los cuales fueron colocados de manera intercaladas manteniendo los neumáticos para lograr la estabilidad óptima de la cimentación se colocó fajas de los neumáticos con tornillos de sujeción, a un solo eje en las esquinas a fin de preparar y tener como columna de amarre. Concluida la colocación se realizó el llenado de más tierra en los espacios vacíos debidamente compactada hasta el nivel de terreno. (Figura 9-11)



Figura 9. Cimentación con neumáticos de aro 16



Figura 10. Estabilizando la cimentación con faja de neumáticos



Figura 11. Rellenado de espacios con tierra

Sobrecimentación con neumáticos de diámetro 26cm (neumáticos de trimoviles Bajaj): Se realizó con neumáticos de diámetro de 26 cm., colocados en tres (3) hileras horizontales, solo en los muros, para lograr la estabilidad óptima del sobrecimiento se colocó fajas de los neumáticos con tornillos de sujeción en todo el perímetro y en todas las hileras. (Figura 12)



Figura 12. Estabilización de sobrecimiento con fajas de neumáticos

Muros: De las pruebas de laboratorio las botellas de agua mineral rellenas con tierra obtuvieron buen comportamiento a la resistencia a la compresión. Se construyó los muros, ubicando las botellas rellenas con tierra, a una distancia de 4cm cada uno; a cada tres hileras se ha colocado fibras de cabuya de columna a columna, en algunos casos y en otros hilos de nylon y alambres N° 8 para la estabilidad y amarre. (Figura 13)



Figura 13. Muros con botellas pet

Columnas: Las columnas son de neumáticos de aro 16, que fueron instalados desde la cimentación, para la estabilidad vertical se colocó puntales de madera seca de eucalipto en el eje central hasta la altura del encuentro de la viga collarín de madera, asimismo con fajas del neumático estirado se aseguró de manera vertical y entornillado en tres partes. (Figura 14)



Figura 14. Columnas con neumáticos

Viga collarín de madera: Se ejecutó con residuos de puntales de madera de eucalipto de 3" de diámetro promedio los cuales han sido instalados en la parte superior de los muros en doble hilera horizontal formando parte integrante de los dinteles de todas las puertas y asegurando en los encuentros con los ejes de las columnas. (Figura 15)



Figura 15. Viga Collarín

Los tímpanos: Fue ejecutado en la parte central con columnas de neumáticos aro 16 y el resto de muros con barro pastoso y botellas pet de agua mineral con las mismas características técnicas de los muros y columnas. (Figura 16)



Figura 16. Los tímpanos

Cumbreras de madera: La cumbrera es de una sola pieza de madera rolliza de eucalipto con un diámetro promedio de 6" (15 cm) de extremo a extremo. (Figura 17)



Figura 17. Cumbreras

Correas de madera de 2" x 2": Las correas de madera tornillo de 2" x 2" debidamente nivelado en cuanto a la inclinación del techo y colocados de eje a eje de 12 cm de distancia. (Figura 18)

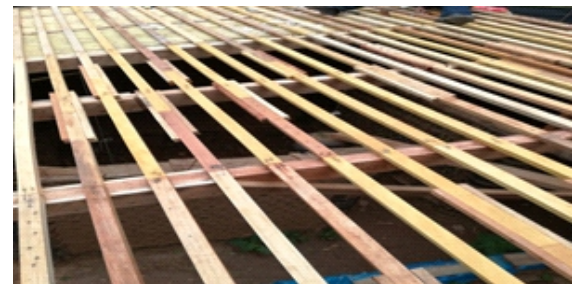


Figura 18. Correas de madera

Cielorraso: Se ha realizado con carrizo debidamente sujetado en las correas de madera con soguillas de cabuya, rafia y de nylon. (Figura 19)



Figura 19. Cielorraso

Cobertura: Encima de los carrizos se colocó la torta de barro a nivel de las correas logrando uniformidad en cuanto a la inclinación del techo; se ubicó encima de la torta de barro seco hule de plástico para evitar las filtraciones de agua por el techo por las inclemencias del tiempo; además se puso fajas de neumáticos extendidos de manera paralela a las correas sobre el cual se sujeta con tornillos de 2" a cada 10 cm con un traslape de 2" en el sentido de evacuación de las aguas pluviales. (Figura 20)



Figura 20. Cobertura

Ventanas: Las ventanas son de neumáticos de aro 16 con marcos de triplay de 4mm y vidrios semidoble redondas sujetadas con pívot y son rebatibles. (Figura 21)



Figura 21. Ventanas

Puertas: Son de residuos de madera, especialmente en los apanelados pegados escopleados y lijados para el acabado final con chapas de seguridad de tres golpes y de las puertas interiores con chapas de bola. (Figura22)



Figura 22. Puerta

Piso: Después de una nivelación total de todos los ambientes se realizó una mezcla de cemento y tierra en una proporción de 1:3 y se vació en el piso de los ambientes siendo el acabado final liso y con bruñas. Los servicios higiénicos se construyeron con lajas de piedras y cemento debidamente nivelado. (Figura 23)



Figura 23. piso

Veredas: Se realizó con emboquillado de piedras de canto rodado en un ancho de 70 cm, con pendiente hacia el exterior del 1% para la evacuación de las aguas pluviales en todo el perímetro del módulo de vivienda. (Figura 24)



Figura 24. veredas

Instalaciones eléctricas: Todo el circuito del sistema de electricidad fue instalado los cables dentro de tubos de 3/4" PVC-SEL tanto para los centros de luz, tomacorrientes y los interruptores. (Figura 25)



Figura 25. instalaciones eléctricas

Instalaciones sanitarias. Son empotradas con una instalación tradicional con pendientes del 1.5 %, se colocaron las salidas de ducha

inodoro y lavatorio de residuos de otra obra de la UNHEVAL. (Figura 26)



Figura 26. Instalaciones sanitarias

Módulo de vivienda construido con material reciclado (Figura 27)



Figura 27. Módulo de vivienda

Discusión

Se logró la estabilidad de la cimentación, sobrecimiento, y columnas usando neumáticos de aro 16 y de trimoviles respectivamente en concordancia con lo realizado por Coímbra (2009), (Reynolds, 1990).

Se obtuvo en los muros buen comportamiento a la resistencia a la compresión usando las botellas pet de agua mineral, en similitud a lo estudiado por Laínez (2014).

Conclusiones

Cimentación, los aros 16 fueron aptos para la cimentación, logrando la estabilidad óptima, al colocar la misma sobre una cama de piedra chancada, en tres (3) hileras horizontales manera intercalados, debidamente rellenas con tierra previa compactación y sujetado una con otra a través de fajas de neumáticos.

Sobrecimiento, los aros de trimoviles fueron óptimos para el sobrecimiento, siendo

colocados en tres (3) hileras horizontales, solo en los muros, para lograr la estabilidad óptima del sobrecimiento se colocó fajas de los neumáticos con tornillos de sujeción en todo el perímetro y en todas las hileras.

Muros, las botellas de agua mineral rellenas con tierra, fueron óptimos para los muros, dado que obtuvieron buen comportamiento a la resistencia de la compresión y su construcción fue ubicando las botellas rellenas con tierra, a una distancia de 4cm cada uno; a cada tres hileras se le ha colocado fibras de cabuya de columna a columna, en algunos casos y en otros hilos de nylon y alambres N° 8 para la estabilidad y amarre.

Columnas, los neumáticos de aro 16 fueron aptos para la columna, lo cuales fueron instalados desde la cimentación, para la estabilidad vertical se colocó puntales de madera seca de eucalipto en el eje central hasta la altura del encuentro de la viga collarín de madera, asimismo con fajas del neumático estirado se aseguró de manera vertical y entornillado en tres partes.

Cobertura, las fajas de neumáticos colocados sobre la torta de barro y extendidos de manera paralela a las correas sobre el cual se sujeta con tornillos de 2" a cada 10 cm con un traslape de 2" en el sentido de evacuación de las aguas pluviales fueron óptimas para la cobertura.

Referencias

- Bedoya, M. C. M. (2011). Construcción sostenible. Medellín: Biblioteca Jurídica Díké.
- Carrera, A. T. E. (2005). Proyecto de módulo Básicos de vivienda para la costa y su problemática al aplicarlo a la selva (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Piura.
- Coímbra Gutiérrez, G. A. (2009). Las llantas de desechos en la construcción de cimentaciones en edificaciones de bajo porte. Revista Tecnociencia Universitaria Bolivia, 52.
- Diccionario Textil. (2018). Cabuya-Fibra Textil.
- Fernández, R. (2013). Inteligencia proyectual: Un manual de investigación en arquitectura. Teseo.
- INEI. (2009, diciembre). Perú: Mapa del Déficit

- Habitacional a Nivel distrital -2007 [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0868/libro.pdf].
- Laínez Carrasco, L. (2014). Investigación y propuestas de mejora del uso de la tierra y materiales de reciclado en la construcción. Habitabilidad básica en Guatemala. Recuperado de <http://uvadoc.uva.es:80/handle/10324/7166>
- Laville, S., & Taylor, M. (2017, junio 30). El mundo compra un millón de botellas de plástico por minuto que acaban en vertederos o en el mar, p. 1.
- Mansilla-Pérez, L., & Ruiz-Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. Ingeniería Industrial, 0(027), 123-137.
- Martínez, J. (2005). Fichas Temáticas. Montevideo.
- Ministerio de Vivienda , Construccion y Saneamiento. (2017, noviembre 26). Política Nacional de Vivienda y Urbanismo [http://www.cap.org.pe/Politica_Nacional_Vivienda_y_Urbanismo].
- Ministerio del Ambiente. (2018, mayo 17). [http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa].
- Municipalidad de Huánuco. (2018, diciembre 3). La gestión de residuos solidos Huánuco [https://slideplayer.es/slide/1637762/].
- Normas E.080. Diseño y construcción de tierra reforzada (2017).
- ONU HABITAT. (2018, noviembre 26). Viviendas y mejoramiento de asentamientos precarios. Recuperado de <https://es.unhabitat.org/temas-urbanos/viviendas/>
- Reynolds, M. (1990). Eartship. How to Build your Own (Vol. Vol. 1.). Solar Survival Architecture.
- Robayo, H. A. (2015). Diseño de una Guia Ambiental para a correcta disposicion de las llantas usadas (Tesis para optar el grado de maestra en diseño). Universidad Libre, Bogota.
- Ruiz Valencia, D., López Pérez, C., Cortes, E., & Froese, A. (2012). Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural - Journal of Cultural Heritage Studies, 25(2), 292-303.