

Ladrillo ecológico elaborado con papel reciclado: Costo y propiedades físico-mecánicas

Ecological brick made with recycled paper: Cost and physical-mechanical properties

Tijolo ecológico feito com papel reciclado: Custo e propriedades físico-mecânicas

José Roberto Sánchez Solorzano^{1,*}; Fabian Eloy Guerrero Medina¹; Rigoberto Cerna Chávez¹; Kimberly Gonzales Carbajal¹

Resumen

El propósito de esta investigación fue determinar el impacto que genera en las propiedades físico-mecánicas y el costo en un ladrillo ecológico elaborado usando papel reciclado en la construcción de viviendas de los sectores urbano marginales del distrito de Nuevo Chimbote. Esta investigación se fundamentó en el método de la experimentación en el proceso de la investigación, sustentado en el método científico apoyado en la observación científica y en la realización de ensayos de laboratorio, que nos permitió determinar las propiedades físicas y mecánicas, dichas propiedades del ladrillo ecológico elaborado con papel reciclado en volumen fueron determinadas mediante la aplicación de los ensayos de: alabeo, resistencia a la compresión y variabilidad dimensional y cuyos resultados encontrados fueron comparados con las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla cocida. Se determinó con los resultados encontrados que el costo económico que demanda la elaboración de un ladrillo ecológico usando papel reciclado, resulta más favorable que cuando se elabore un ladrillo artesanal de arcilla cocida y de manera indirecta se contribuye a la reducción del impacto ambiental negativo y por ende a la conservación del medio ambiente.

Palabras clave: Ladrillo ecológico; nuevos materiales de construcción; ingeniería civil; papel reciclado.

Abstract

The purpose of this research was to determine the impact it will generate on the physical-mechanical properties and cost in an ecological brick made using recycled paper in the construction of houses in the marginal urban sectors of the district of Nuevo Chimbote. This research was based on the method of experimentation in the research process, based on the scientific method supported by scientific observation and the performance of laboratory tests, which allowed us to determine the physical and mechanical properties, said properties of the brick Ecological elaborated with recycled paper in volume were determined by the application of the tests of: warping, resistance to compression and dimensional variability and whose results were compared with the properties of the clay brick made of baked clay. It was determined with the results found that the economic cost required to produce an ecological brick using recycled paper is more favorable than when a handmade clay brick is made and indirectly contributes to the reduction of negative environmental impact and to the conservation of the environment.

Keyword: ecological brick; new construction materials; civil engineering; recycled paper.

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi determinar o impacto que geraria nas propriedades físico-mecânicas e no custo de um tijolo ecológico feito com papel reciclado na construção de casas nos setores urbanos marginais do distrito de Nuevo Chimbote. Esta pesquisa baseou-se no método de experimentação no processo de pesquisa, com base no método científico apoiado pela observação científica e no desempenho de testes laboratoriais, o que nos permitiu determinar as propriedades físicas e mecânicas, as propriedades do tijolo Os preparativos ecológicos com papel reciclado em volume foram determinados pela aplicação dos testes de deformação, resistência à compressão e variabilidade dimensional e cujos resultados foram comparados com as propriedades do tijolo de argila feito de argila cozida. Foi determinado com os resultados encontrados que o custo econômico necessário para produzir um tijolo ecológico usando papel reciclado é mais favorável do que quando um tijolo de argila artesanal é feito e de forma indireta contribui para a redução do impacto ambiental negativo e para a conservação do meio ambiente.

Palavras-chave: tijolos ecológicos; materiais de construção nova; engenharia civil; papel reciclado.

¹ Facultad de Medicina Humana, Universidad San Pedro, Urb. Los Pinos s/n, Chimbote, Perú.

*Autor para correspondencia: roberto_197_7@hotmail.com (J. Sánchez).

Introducción

Cabo (2011) en España, desarrollo la investigación titulada “Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción.” La cual tuvo como objetivo principal el desarrollo de ladrillos ecológicos de carácter puzolánico mediante la incorporación de residuos procedentes del cultivo de arroz, y con bajo coste energético y económico, siendo una investigación de tipo experimental, y llego a la conclusión final de que la elaboración de ladrillos con arcilla, cal hidráulica natural y cenizas de cascara de arroz crean un material de mampostería con excelentes propiedades mecánicas por eso sirve como material portante. En cambio, el ecoladrillo estaría más destinado a tabiquería interna ya que, aunque su resistencia merma ligeramente posee excelentes ventajas como su baja densidad y se prevé como buen aislante.

En Perú Abanto y Akarley (2014) realizado en la Universidad Privada Antenor Orrego, desarrollaron una investigación de tesis titulada “Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo – cemento en la ciudad de Trujillo” la cual tuvieron el objetivo principal determinar las características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo – cemento en la ciudad de Trujillo, siendo una investigación de tipo experimental para lo cual utilizaron un suelo de la región con 75% de arena y 25% de limo y arcilla medidos en volumen, los componentes que utilizaron para la preparación de la muestra son los siguientes: Cemento – Suelo – Arena – Agua 1:5:0.5:1, de tal forma llegaron a concluir en función a los resultados de los ensayos lo cual determina que se pudo confirmar que suelo usado presento buenas características para ser utilizado como material en la elaboración de la unidad de albañilería, empleando un diseño de mezcla: cemento, suelo, arena y agua 1:5:0.5:1. Se lograron unidades a una resistencia a compresión 74,78 kg/cm², mayor en 36% a la resistencia mínima exigida por la Norma Técnica de Estructura E.070 - Albañilería (55 kg/cm²) para los ladrillos de King Kong artesanal, las unidades llegaron a pesar aproximadamente 4,80 kg, siendo la variación de sus dimensiones y alabeo mínimos, asimismo las unidades aprobaron la prueba de absorción en consecuencia no es necesario protegerlas de agua.

La investigación realizada se justifica considerando que una de las necesidades apremiantes en la construcción de edificaciones debe ser el bajo costo y la contribución indirecta en la disminución del impacto ambiental. En la actualidad el aumento del boom de la construcción provoca que se deje de lado este aspecto importante y fundamental en toda ejecución de un proyecto. El interés de la presente investigación, se basa en la importancia de innovar en la fabricación de materiales de construcción que sean durables, de bajo peso, mejorando la calidad de la construcción Y reduciendo significativamente el impacto ambiental que produce la fabricación tradicional de bloques, paneles, ladrillos y revestimientos. Para lo cual en esta investigación se utilizó como materia prima fundamental el papel reciclado considerando sus importantes propiedades que lo sindicaron como un agente puzolánico del concreto, el cual constituye un recurso pertinente a ser obtenido como material desechable en las viviendas, instituciones educativas, organizaciones, empresas, etc.; tanto a nivel nacional, regional y local. Beneficio Social: Con el uso del Ladrillo ecológico se aporta una mejor calidad de vida para los pobladores que desean tener una vivienda adecuada para vivir. El ladrillo ecológico tiene características propias y un comportamiento particular lo que lo distingue de otros materiales compuestos, el proceso de producción de este ladrillo es considerado como el auge de la cerámica ecológica, es un producto nuevo que está llegando a nuestro país por lo cual aún no se cuenta con material bibliográfico que brinde información teórica completa, porque cada bibliografía revisada está basado en un tema específico, para lo cual en esta investigación se desarrolló la mayoría de los ensayos estipulados en la Norma Técnica Peruana NTP 331.019 y la Norma E.070 del RNE. Aporte Científico: Un tema poco tratado y que su aporte será vital para fortalecer este tema de investigación. La creciente sensibilización social acerca de la necesidad de preservar el medio ambiente ha hecho que la legislación sea hoy mucho más proteccionista que en el pasado.

Realidad Problemática, aunque la producción artesanal de ladrillos es una de las principales fuentes de contaminación a la atmósfera en el país, es una actividad económica cuyos

productos tienen demanda en el mercado. El proceso de elaboración y cocido artesanal de la arcilla contribuye al deterioro del medio ambiente debido al uso de materiales combustibles altamente contaminantes, por ejemplo, diésel, combustóleo, aceites "gastados" y residuos industriales, pero también son utilizados leña, fibras de coco o cáscaras de arroz y otros cultivos. De acuerdo con el Centro Económico 2009 el Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI), en el país había 10 mil 251 unidades económicas de fabricación de ladrillos, aunque la Red de Información de Productores de Ladrillos (Red Ladrilleras) estima que existen 16 mil 953 unidades de producción. Se trata entonces, de un sector de gran impacto económico que a la fecha sigue manteniendo procesos de producción rudimentarios altamente contaminantes.

El Ladrillo Ecológico, además de un buen aspecto responde a criterios ecológicos y sostenibles ya que requiere un bajo nivel de energía para su fabricación y se elimina la emisión de CO₂ a la atmósfera al ser ladrillos que no requieren de cocción. Esta tecnología es muy ambiciosa por su eficiencia energética y económica. Este concepto de ingeniería es el que se propone con el desarrollo en este trabajo de ladrillos puzolánicos sin cocción, con el resultado de un material de construcción sostenible con un gran potencial y capacidad de cubrir las necesidades actuales y futuras de la sociedad.

En la actualidad, la ciudad de Nuevo Chimbote ha venido creciendo demográficamente en estos últimos años, debido a ello en esta ciudad se ha incrementado la construcción permanente de viviendas y edificios considerables en altura. Por otro lado, para todo tipo de construcción el ladrillo es un material irremplazable y son utilizados los ladrillos cocidos industriales como LARK, REX, en las zonas marginales el ladrillo artesanal de arcilla cocida es el más utilizado por su bajo costo. A pesar de que estas son trasladadas desde la ciudad de Lima, incrementando el costo. En relación a la realidad problemática descrita formulamos el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es el impacto de las propiedades físicas, mecánicas y el costo económico de un ladrillo ecológico elaborado con papel reciclado en volumen, frente a un ladrillo artesanal de arcilla cocida; para construcción de viviendas en zonas urbanas marginales del distrito de Nuevo Chimbote?

Se estableció la siguiente Hipótesis: La elaboración de ladrillos ecológicos con papel reciclados en volumen contribuye a mejorar el impacto en las propiedades físicas, mecánicas y genera un producto de bajo costo económico y adecuado rendimiento para la construcción de viviendas en las zonas urbanas marginales del distrito de Nuevo Chimbote en comparación a un ladrillo artesanal de arcilla cocida.

Cuyo Objetivo General fue: Determinar el impacto en las propiedades físicas, mecánicas y el costo económico de un ladrillo ecológico elaborado con papel reciclado en volumen, frente a un ladrillo artesanal de arcilla cocida, para construcción de viviendas en las zonas urbanas marginales del distrito de Nuevo Chimbote.

Material y métodos

El método de investigación que se aplicó es la experimentación, ya que se utilizaron nuevos tipos de materiales para la elaboración de ladrillo ecológicos, utilizando papel reciclado en el diseño de mezcla del ladrillo de concreto y lo cual se comparó con un diseño convencional de ladrillo de concreto artesanal, con respecto a sus propiedades físicas, mecánicas y costo económico. El método experimental se apoyó en la realización de pruebas, ensayos y repeticiones correspondientes; los cuales fueron realizados en el Laboratorio elegido. Bajo este contexto, nuestra investigación se orienta al nivel "experimental", que trata de buscar un material adecuado el cual haga que dicho ladrillo, sea una unidad de albañilería aceptable para su uso de acuerdo a la Norma Técnica Peruana, y a la vez el costo se más accesible para la población. Asimismo, se complementó con la aplicación del Método de la observación científica, porque se está en contacto directo con el fenómeno de estudios.

Es una investigación aplicada, debido a que los resultados obtenidos serán utilizados para solucionar problemas relacionados a la construcción específicamente en el campo de las unidades de albañilería y generando otra opción consistente en elaborar un ladrillo ecológico usando papel reciclado, que tienda a fomentar la viabilidad de procesos de construcción de viviendas con mayor durabilidad, reducción del impacto ambiental menor costo económico en el proceso constructivo brindando otra opción para las familias de bajos recursos económicos y

servirá como una técnica nueva para el proceso constructivo, implicando a las familias tener una mejor calidad de vida. Además, nuestra investigación será aplicada, porque busca determinar las propiedades físicas de ladrillos ecológicos usando papel reciclado, esperando que cumpla los estándares de la norma técnica E-070, y su implicancia en el comportamiento sísmico adecuado que debería evidenciar todo proceso constructivo. Se busca consolidar el uso de métodos innovadores y sobre todo naturales a bajo costo, ya teniendo en cuenta ciertos conocimientos previos, buscamos comprobar de manera experimental las propiedades físicas técnicas y mecánicas de un ladrillo de concreto ecológico utilizando papel reciclado, en comparación de un ladrillo de concreto convencional. Los ensayos se realizarán de manera experimental, haciendo del tiempo un factor importante para la deducción de resultados.

Enmarcado en un diseño de investigación experimental de nivel cuasi experimental, porque se compararán 2 grupos de muestras de ladrillos denominados: grupo control conformado por los ladrillos de arcilla y grupo experimental conformado por ladrillos ecológicos que tendrán como componentes el cemento, la arena y el papel reciclado.

Todo esto bajo un enfoque de investigación, cuantitativo, porque se realizaron ensayos y repeticiones del fenómeno de estudio, se estudiaron las variables, dimensiones e indicadores respectivos, midiendo y registrando sus valores de manera objetiva, mediante la aplicación de los métodos estadísticos tanto descriptivos como experimentales. Los ensayos fueron realizados de manera experimental teniendo varias horas semanales dedicadas a la elaboración de las mismas, siguiendo un orden riguroso. De la pregunta formulada se estableció una hipótesis y se determinaron las variables; se desarrolló un plan para probarlas (diseño), se midieron las variables en un determinado contexto, se analizaron las mediciones obtenidas (con frecuencia se utilizaron métodos estadísticos), y se establecieron una serie de conclusiones respecto de la hipótesis planteada.

Resultados y discusión

En la siguiente tabla se muestran el promedio de las propiedades físicas y mecánicas y las medidas estadísticas de los grupos de estudio

en cuanto a sus unidades de albañilería como es el Grupo Patrón (ladrillos artesanales de arcilla) y el Grupo Experimental (ladrillos ecológicos de papel reciclado).

Tabla 1. Distribución de grupos de estudio: patrón y experimental, según propiedades físicas y mecánicas y medidas estadísticas

Estadísticos	GRUPOS DE ESTUDIO					
	Grupo patrón: Ladrillo artesanal de arcilla			Grupo experimental: Ladrillo ecológico de papel reciclado		
	Prome- dio	Desvia- ción estándar	Coefficien- te de variación	Prome- dio	Desvia- ción estándar	Coefficien- te de variación
Propiedades físicas y mecánicas						
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	87,93	2,39	2,72%	66,94	4,94	7,38%
Variabilidad dimensional:						
Longitud (cm)	21,21	0,09	7,78%	22,83	0,06	0,73%
Ancho (cm)	11,82	0,096	9,09%	12,92	0,02	1,08%
Altura (cm)	8,46	0,092	5,96%	7,51	0,06	2,39%
Alabeo:						
Cóncavo (mm)	1,70	0,60	53,82%	0,60	0,21	17,5 %
Convexo (mm)	0	0	0%	0,65	0,24	18,46 %

Fuente: Resultado de ensayos técnicos realizados.

En la tabla 1 se observa los resultados finales en promedio referente a sus propiedades físicas y mecánicas, así como también sus medidas estadísticas entre ambas unidades de albañilería que se ha realizado en el presente estudio, sectorizados mediante un grupo patrón como son los ladrillos artesanales de arcilla y el grupo experimental como son los ladrillos ecológicos de papel reciclado.

Ambos grupos se encuentran cercanos a los rangos establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP) 399.613 - *Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería* y RNE E0.70

En cuanto al Análisis Estadístico Inferencial, en la aplicación de Hipótesis: Diferencias de medias para el caso de las variables cuantitativas: El resultado de la prueba de hipótesis aplicada nos reportó que los resultados de la resistencia a la compresión de los ensayos aplicados a los ladrillos artesanales de arcilla difiere estadísticamente en promedio de manera significativa a la resistencia a la compresión de los ensayos aplicados a los ladrillos ecológicos de papel reciclado, considerando un nivel de significancia del 5% y un nivel de confianza del 95%, es decir que el volumen de papel reciclado utilizado en la composición del diseño de mezcla del ladrillo ecológico elaborado, de alguna manera sus fortalezas de composición que posee, sobre todo su alto contenido de silicio, ha influenciado de manera positiva para que la resistencia

obtenida cumpla con la norma técnica requerida, en comparación a la composición de los ladrillos artesanales de arcilla.

Según los resultados obtenidos en el proyecto de investigación "*Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo-cemento en la ciudad de Trujillo*" de Abanto y Akarley (2014) en donde los ladrillos ecológicos propuesto como unidades de albañilería obtuvieron resultados de las propiedades físicas y mecánicas con un promedio en la variabilidad dimensional de: largo 22,92 cm, ancho 12,92 cm y altura 7,51 cm, un promedio de alabeo de 1 mm y un promedio a la resistencia de compresión de 74,78 kg/cm².

En relación a los resultados obtenidos en el presente proyecto los resultados en promedio fueron: variabilidad dimensional de: largo 22,83 cm, ancho 12,86 cm y altura 8,79 cm, alabeo: cóncavo 0,60 mm y convexo 0,65 mm y resistencia de compresión de 66,94 kg/cm².

Por ello el ladrillo ecológico de suelo-cemento en comparación con el ladrillo ecológico de papel reciclado (papercrete), por ejemplo, en cuanto a la resistencia de compresión mínima exigida para ladrillos de arcilla King Kong artesanales es de 55 kg/cm².

Ambos ladrillos ecológicos tienen promedios cercanos en cuanto a la variabilidad dimensional y alabeo, y se encuentran dentro de los valores nominales de la E.070, Norma Técnica de Albañilería.

Al realizar el ensayo de resistencia a la compresión a las unidades muestrales del ladrillo ecológico, arrojó como resultado 66,94 kg/cm² éste valor es mayor que el mínimo requerido por la norma técnica peruana NTP ITINTEC 331.017, cuyo valor es 60 N/cm². Esto indica que este tipo de ladrillo es apto para construcción de edificaciones.

Las unidades de albañilería de ladrillo ecológico, a las cuales se les realizó el ensayo de variabilidad dimensional, presentaron como resultado en su largo 0,73%, en su ancho 1,08% y su altura 2,39%. Valores que están por debajo de los límites establecidos por la Norma técnica peruana que establece 15 cm = ± 4 , 15 cm = ± 6 , 10 cm = ± 8 . Esto indica que dichas unidades de albañilería son aptas para construcción.

Las unidades de albañilería del ladrillo ecológico fueron ensayadas al alabeo, presentando un resultado cóncavo que tiene 0,60 mm y como resultado convexo 0,65 mm. Cumplen

con lo establecido por la Norma técnica peruana cuyos valores debe ser 10 mm como máximo. Por lo cual pueden ser utilizadas en edificaciones ya que estos valores tendientes a cero es decir no se deforman lo cual garantiza realizar muros con juntas totalmente regulares.

Conclusiones

Los ladrillos ecológicos elaborados haciendo uso de papel reciclado, arena gruesa y cemento presentaron características óptimas de un ladrillo para ser utilizado en construcción de viviendas.

El impacto que genera la elaboración de un ladrillo ecológico con papel reciclado frente a un ladrillo artesanal de arcilla cocida en cuanto a costos es significativo hay un ahorro de 18 céntimos por unidad de ladrillo.

En cuanto a las propiedades físicas y mecánicas ambos tipos de ladrillo presentan propiedades favorables que están dentro de los límites establecidos por la norma técnica de albañilería E 070.

Dentro de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico elaborado con papel reciclado arrojaron los siguientes resultados: variabilidad dimensional presenta un largo de 0,73%, un ancho 1,08% y una altura 2,39%, alabeo cóncavo tiene 0,60mm y convexo tiene 0,65mm y la resistencia a la compresión promedio 66,94 kg/cm².

En cuanto al ladrillo artesanal de arcilla cocida las propiedades físicas y mecánicas fueron: variabilidad dimensional presenta largo 7,78%, en su ancho 9,09% y su altura 5,96%, alabeo cóncavo tiene 0,60mm y convexo no presenta y la resistencia a la compresión promedio 87,93 kg/cm².

Estadísticamente de acuerdo a la prueba de hipótesis: diferencia de medias aplicada, se establece que existe diferencia significativa en promedio, entre los resultados de la resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales y los resultados de la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos elaborados con papel reciclado, considerando un nivel de significancia del 5% y un nivel de confianza del 95%.

Asimismo en cuanto a la aplicación de la prueba de hipótesis: diferencia de medias, para las variables: variabilidad dimensional (a través de las dimensiones: longitud, ancho y altura) y alabeo (caso cóncavo y caso convexo); se evidencia como resultado que estadísticamente también existe diferencia significativa entre los

resultados de los ensayos aplicados correspondientes para los ladrillos artesanales de arcilla con respecto a los ladrillos ecológicos elaborados con papel reciclado, considerando un nivel de significancia del 5% y un nivel de confianza del 95% .

Pero además de manera importante debemos resaltar y destacar que en cuanto a la variabilidad dimensional en todas las dimensiones (longitud, largo y ancho), los ladrillos ecológicos elaborados con papel reciclado presentan menor variabilidad que la de los ladrillos artesanales, cumpliendo con las normas técnicas establecidas.

Asimismo, con respecto a la propiedad de alabeo, tanto para el caso cóncavo y convexo, los resultados para los ladrillos ecológicos elaborados con papel reciclado cumplen con las normas técnicas establecidas, tan igual que los ladrillos artesanales.

El costo por unidad de ladrillo ecológico y ladrillo artesanal de arcilla cocida es: el ladrillo artesanal de arcilla cocida de santa tiene un

costo de 38 céntimos la unidad, mientras que el ladrillo ecológico tiene un costo de 20 céntimos la unidad, obteniéndose consecuentemente un ahorro económico de céntimos por unidad.

Referencias bibliográficas

- Abanto, P.J.; Akarley, L.M. 2014. Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo-cemento en la ciudad de Trujillo. Tesis de titulación. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Perú. 98 pp.
- Barranzuela, J. 2014. Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura. Universidad de Piura. Perú.
- Cabo, M. 2011. Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción. Universidad Pública de Navarra. España.
- Norma Técnica Peruana E.070. Albañilería. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 23 de mayo de 2016.
- Norma Técnica Peruana (NTP) 331.017. 2003. Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos.
- Norma Técnica Peruana 399.613. 2017. Unidades de Albañilería, métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. 2ª Edición.