

Reuse of Waste in Construction in the Development of Bricks Finishing or Masonry

Reutilización de Desperdicios de la Construcción en la Elaboración de Ladrillos para Acabados o Mampostería

M. Cando-Cando¹ M. Saldaña-Crespo¹

¹Instituto Superior Tecnológico Andrés B. Córdova

E-mail: mayra.cando@institutoscanar.ec; monica.saldaña@institutoscanar.ec

Abstract

The article focuses on the study of the causes involved in the generation of concrete and brick waste in large-scale construction works, also the determination of the volume produced in each construction process. With this result, a waste reuse option is proposed, which consists in the manufacture of bricks with the combination of recycled materials.

For the investigation, the application methods and tools of Lean Construction were used in order to identify the cause of the greatest waste. Then, the clay and concrete materials were classified, the production process was performed, and the samples made were tested. In addition to this, it was determined which is the viable process for the production of the recycled bricks and the cost of the elaborated bricks, to identify the most optimal for the production in large quantities.

Index terms— Lean Construction; brick waste; optimal production

Resumen

El artículo se centra en el estudio de las causas que intervienen en la generación de desperdicios de hormigón y ladrillos en obras de construcción de gran magnitud, además en la determinación del volumen producido en cada proceso constructivo. Con ese resultado se plantea una opción de reutilización de desperdicios, que consiste en la fabricación de ladrillos con la combinación de los materiales reciclados.

Para la investigación se utilizó los métodos de aplicación y herramientas de Lean Construction con la finalidad de identificar la causa del mayor desperdicio. Seguido, se clasificó los materiales de arcilla y hormigón, se realizó el proceso de producción, y se ensayó las muestras realizadas. Aunado a esto, se determinó cual es el proceso viable para la producción de los ladrillos reciclados y su costo, identificando el más óptimo para la producción en grandes cantidades.

Palabras clave— Lean Construction; metodología; desperdicios; ladrillo reciclado

Recibido: 18-10-2019, Aprobado tras revisión: 18-12-2019

Forma sugerida de citación: M. Cando-Cando y M. Saldaña-Crespo, "Reutilización de desperdicios de la construcción en la elaboración de ladrillos para acabados o mampostería", *ÑAWPAY Revista Técnica Tecnológica*, vol. 1, no. 2, pp. 07-12, 2019.

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción genera gran cantidad de desperdicios diariamente, por lo que se constituye como contaminante del medio ambiente, debido a que no existen medidas que promuevan la disminución en la producción de estos contaminantes. En tal sentido, se ha trabajado en la implementación de metodologías que permitan identificar las fuentes y razones de la producción de desperdicios con el fin de mejorar la ejecución de las obras desde el inicio hasta su culminación.

En este artículo se presenta el análisis de la generación de desperdicios en obras de construcción de gran magnitud, detectando las fuentes productoras mediante los principios de la filosofía “Lean Construction”. Adicionalmente, se proponen medidas para la reutilización de los desperdicios. En este caso se planteó la elaboración de ladrillos con material reciclado, cementicios y arcillosos, que fueron sometidos a ensayos de laboratorio para verificar su resistencia y disponer su utilización, ya sea como un elemento estructural o complementario.

2. FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION

Es una filosofía que se centra en la administración de la producción en la construcción, con el fin de reducir o eliminar las actividades que no representan un valor positivo en el proyecto y optimizar las que sí lo hacen. Se enfoca específicamente en la creación de herramientas aplicadas al proceso de realización del proyecto y sistemas de producción eficientes que reduzcan los desperdicios. [1]

2.1. Tipos de Desperdicios

El desperdicio es toda actividad que absorbe recursos, pero no genera valor para el proyecto. Existen 8 tipos de desperdicios que fueron adaptados a la industria de la construcción (ver Tabla 1). [2]

2.2. Aplicación de Lean Construction

[3] La aplicación de la filosofía Lean en la construcción, se centra en la mejora de los aspectos que afectan de forma negativa la productividad de este tipo de proyectos. Los aspectos son:

- Falta de especificaciones técnicas y errores en el diseño.
- Modificaciones al diseño durante el desarrollo del proyecto.
- Falta de control a los trabajadores.
- Agrupamiento de trabajadores en espacios reducidos.
- Deficiencia en la seguridad laboral que generan altos índices de accidentes.
- Conformación inadecuada de las cuadrillas de trabajo.
- Errores en la distribución de los materiales en obra.

- Falta de materiales requeridos.
- Falta de suministro de equipos y herramientas.
- Terrenos con condiciones complicadas para su desarrollo.
- Excesivo control de calidad.

Tabla 1: Tipos de desperdicios en la industria de la construcción.

Referencia	Desperdicios	Descripción
[2]	Sobre producción	Producción de cantidades de material más grandes que las requeridas o antes del tiempo previsto para el inicio de la actividad.
[2]	Esperas o tiempo de inactividad	Considera cualquier actividad en el que el valor no puede ser agregado debido al retraso.
[2]	Transporte innecesario	Transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos en la obra. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, energía, espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte.
[2]	Sobre procesamiento	Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, entre otros.
[2]	Exceso de inventario	Inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material, personal adicional para gestionar ese exceso de material y costes financieros por la compra anticipada.
[2]	Movimientos innecesarios	Movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo.
[2]	Defectos de calidad	Errores en el diseño, mediciones y planos, uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.
[2]	Talento	Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco calificada.

2.3. Herramientas de Lean Construction

Para que la filosofía funcione adecuadamente es necesario el empleo de una serie de herramientas que permitan llevar los principios teóricos de la filosofía a la

práctica (ver Tabla 2). [1]

Tabla 2: Herramientas de Lean Construction.		
Referencia	Herramientas	Descripción
[1]	Sistema del último planificador	Es un sistema de planificación y control de la productividad, para mejorar la inestabilidad en las obras y la incertidumbre en las actividades programadas, a través de planes de trabajo.
[1]	Planificación general o programa maestro	Es la programación de todas las actividades necesarias para la construcción de los elementos estructurales, arquitectónicos y otros que son parte del proyecto. Esta se realiza en forma de diagrama de Gantt, en donde se establecen los tiempos de todas las tareas que componen la etapa de construcción del proyecto.
[1]	Planificación Intermedia	Consiste en descomponer la programación general, para evitar pérdidas de tiempo y material, destacando las actividades próximas a ejecutarse. Se controla la coordinación del diseño, los proveedores, los recursos humanos, los requisitos previos para ejecutar las actividades y la información necesaria para que las cuadrillas cumplan con lo establecido.
[1]	Planificación Semanal	Es realizado por todos aquellos que supervisan directamente la ejecución de las actividades en obra, se mide el porcentaje de las tareas completadas para verificar el cumplimiento del cronograma establecido. El programa de trabajo semanal debe contener las actividades que serán realizadas durante la semana y se forma de acuerdo a las asignaciones de calidad.

La filosofía Lean se aplicó en la Urbanización “Los Capulíes” de la ciudad de Cuenca, para lo cual se determinó el volumen y el porcentaje del material generado durante la ejecución de mampostería de ladrillo y hormigón. En el apartado de resultados se indica el porcentaje de desperdicios generados tanto de los materiales.

Con el propósito de reutilizar estos desperdicios como materia prima se elaboraron ladrillos reciclados, puesto que es uno de los materiales que genera mayor demanda en la ejecución de mampostería en la construcción, en el Austro.

3. ELABORACIÓN DE LADRILLOS RECICLADOS

Los desperdicios generados en una construcción civil, generalmente son enviados a escombreras o desechados en ríos o sitios baldíos, causando un alto índice de contaminación. Estos desperdicios pueden ser tratados para la obtención de nuevos productos, la forma más común es la elaboración de ladrillos a partir de la

trituration y procesamiento de esta materia, lo cual permite reducir en porcentaje los residuos contaminantes, siendo reutilizados como elementos para mamposterías o acabados en la construcción.

El procedimiento empleado para su fabricación es similar a la de cualquier tipo de ladrillo. Se utiliza como materia prima la trituration del material reciclado (ladrillos y hormigón), además de elementos ligantes tales como cemento Portland Tipo III y cal hidráulica hidratada. En dos tipos de ladrillos se incorporaron materiales adicionales como cáscaras de arroz y arcilla roja.

3.1. Dosificación de ladrillos reciclados

Se elaboraron cuatro tipos de ladrillos reciclados, usando diferentes dosificaciones las mismas que fueron planteadas empíricamente.

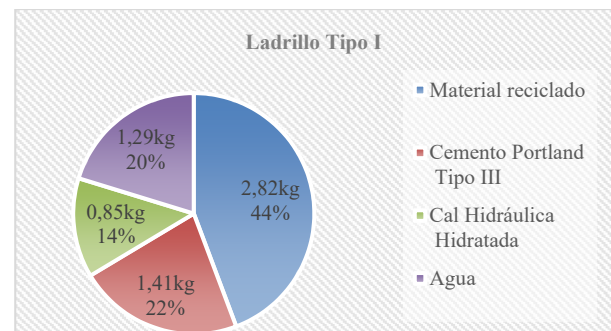


Figura 1: Dosificación para ladrillo Tipo I.

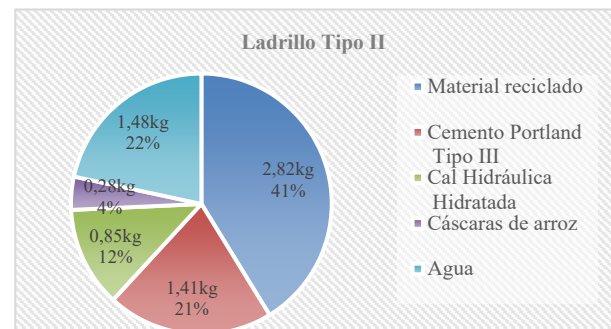


Figura 2: Dosificación para ladrillo Tipo II.

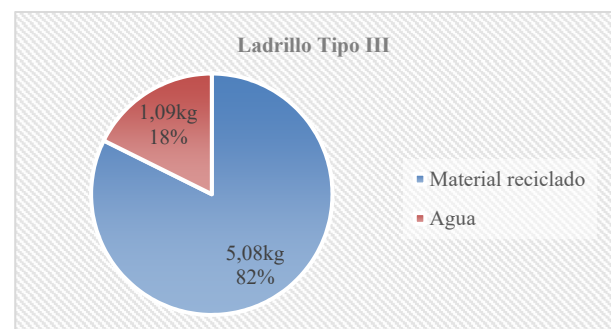


Figura 3: Dosificación para ladrillo Tipo III.

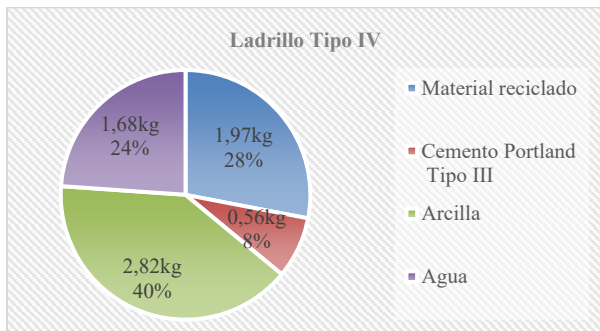


Figura 4: Dosificación para ladrillo Tipo IV.

3.2. Proceso de elaboración de ladrillos reciclados

Luego del proceso de depuración de la materia prima [4] (residuos de ladrillos y hormigón), fueron triturados manualmente hasta obtener un material de partículas finas. Se emplearon moldes de madera de 30x10x10 cm, engrasados previo al vertido del material (ver Tabla 3).

3.3. Ensayos de laboratorio

Para la ejecución de los ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos reciclados, se aplicó el proceso descrito en la Norma INEN 294 [5] (Ver Tabla 4).

Se realizó tres ensayos por cada Tipo. Durante el segundo ensayo de las muestras de ladrillo Tipo I y II, se observó variaciones significativas en las resistencias, de 126,22 kg/cm² y 73 kg/cm² respectivamente, por lo que se realizó un tercer ensayo que permitió comprobar la existencia de errores de precisión en las máquinas usadas para el ensayo.

El ladrillo Tipo I obtuvo la resistencia de 265,30 kg/cm², superando significativamente a las muestras II, III y IV (Ver Figura 5).

Tabla 3. Elaboración de ladrillos reciclados.

Tipo de ladrillo	Proceso de elaboración
Tipo I 	Mezclado: a máquina con velocidad baja durante 4 minutos. Secado: al ambiente durante 15 días previo al primer ensayo.
Tipo II 	Mezclado: manualmente hasta obtener una masa homogénea y manejable. Secado: al ambiente durante 15 días previo al primer ensayo.
Tipo III 	Mezclado: a máquina con velocidad baja durante 4 minutos. Secado: al ambiente durante 15 días, previo a la cocción y quemado en horno de leña. Cocción y quemado: ingresa al horno de leña durante 15 horas para el cocinado y posteriormente tres días para el quemado final.
Tipo IV 	Mezclado: a máquina con velocidad baja durante 4 minutos. Secado y cocción: se realizó en una cámara a vapor que funciona mediante un caldero a 100°C, la muestra permanece durante 24 horas.

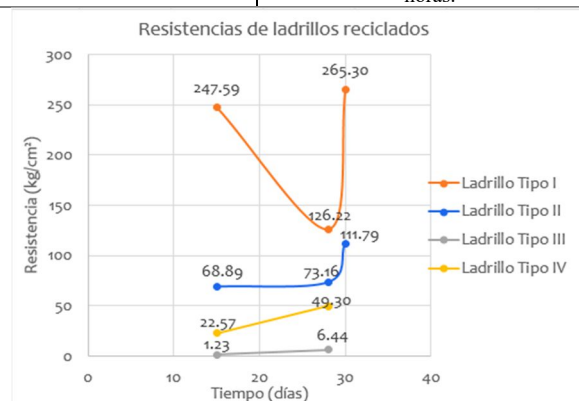


Figura 5: Resultados de ensayos de compresión.

Tabla 4: Ensayos a compresión de ladrillos reciclados según la NTE INEN 294

Instrumentos	Preparación de muestras	Procedimiento	Cálculos
Máquina de compresión, provista de plato con rótula de segmento esférico, siempre que las superficies de contacto de los apoyos sean iguales o mayores que las muestras de prueba.	Las muestras consisten en mitades de ladrillos con caras planas y paralelas, obtenidas de 4 ladrillos secos, enteros sin defectos apreciables, cortados mediante herramientas adecuadas, para evitar que se deterioren las aristas.	<ol style="list-style-type: none"> Las muestras se ensayan centrándolas con respecto a la rótula y de manera que la carga se aplique de su menor dimensión. Aproximadamente hasta la mitad de la carga máxima probable, se aplica a cualquier velocidad. La carga se aplica gradualmente, en un tiempo no inferior a un minuto ni superior a dos 	La resistencia a la compresión se realiza utilizando la siguiente ecuación: $C = \frac{P}{A}$ Siendo: C= La resistencia a compresión en Megapascales P= La carga de rotura, en Newtons A= Área de las secciones milímetros cuadrados La superficie A se calcula por la siguiente ecuación: $A = a \cdot l$ Siendo: a= ancho de la muestra, en milímetros l= largo de la muestra, en milímetros

4. RESULTADOS

4.1. Porcentaje de desperdicios en obras de construcción aplicando la filosofía Lean Construction.

En el punto 2.2 de este manuscrito se indica los aspectos que afectan de forma negativa la productividad de proyectos de construcción. En el caso de los desperdicios, se estableció que la principal causa es la falta de control durante la ejecución de los procesos constructivos, junto a esto, la inexperiencia por parte de trabajadores y/o técnicos y la falta de planificación, lo que genera que se produzcan errores que involucran la pérdida de material. En el análisis del porcentaje de desperdicio de ladrillo y hormigón, se obtuvo como resultado un índice de pérdida más alto en el hormigón, debido a que en la obra donde se recopilaban los datos, se produjeron grandes fallas de calidad del material, ocasionando un desperdicio mayor que en el caso del ladrillo. Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 5 y Figura 6.

Tabla 5. Porcentaje total de desperdicio de hormigón y ladrillo.

Material	Unidad	Volumen de desperdicio	Porcentaje de desperdicio
Ladrillo	m ³	15.21	46.27%
Hormigón	m ³	17.66	53.73%
Total		32.87	100.00%

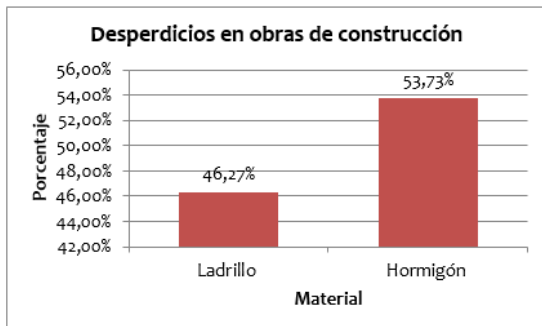


Figura 6: Porcentaje total de desperdicio de hormigón y ladrillo.

4.2. Producción de ladrillos reciclados.

Se elaboraron cuatro tipos de muestras de ladrillos reciclados, cada uno teniendo como material principal el triturado de ladrillo, hormigón y otros como: cemento Portland Tipo III, cal hidráulica hidratada, cáscaras de arroz y arcilla roja. Se emplearon dos métodos de mezclado y dos de secado.

Después de analizado los resultados de las pruebas de laboratorio de cada ladrillo se ha determinado que el ladrillo más adecuado para su producción en grandes cantidades es el Tipo I, compuesto de material reciclado, cal hidratada, cemento Portland tipo III y agua; este cumple con la resistencia establecida en la Norma INEN [5] y su precio correspondiente a 0,43 USD siendo el más

económico en relación con los otros tipos de ladrillo, adicionalmente se estableció que el mismo puede ser utilizado como elemento para mampostería estructural y acabados, debido a que cumple con la resistencia a la compresión al ser mayor o igual a 20 MPA [5]. Los datos del ladrillo Tipo I se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Características de ladrillo reciclado para producción.

Tipo de ladrillos	Dimensiones	Resistencia promedio
Ladrillo tipo I	30x10x10cm	20.891 MPa - 213.036 kg/cm ²



5. CONCLUSIONES

Los diversos tipos de desperdicios generados en una obra de construcción son ocasionados en un alto porcentaje, debido a factores como la sobreproducción, sobre procesamiento y el talento, el porcentaje generado es aproximadamente de un 50 % del volumen de la obra, lo cual implica un nuevo uso de los mismos para efectuar una reutilización que permita generar nuevos productos y a su vez verificar estos planes de mejora y la efectividad de ellos en la mitigación del impacto ambiental.

La clasificación de los materiales usados para la elaboración de muestras (residuos de hormigón y ladrillos), se realiza en obra debido a que el personal técnico encargado asignó una zona para el depósito de dichos materiales. Además, que se posibilita la adquisición gratuita de residuos de hormigón, en un laboratorio privado.

La dosificación de las muestras creadas, principalmente el agua y la cal, permitieron la obtención de una cara vista de los ladrillos, a más de una variedad de colores, a excepción de la muestra Tipo III que únicamente contiene material reciclado.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda que se apliquen las herramientas brindadas por Lean Construction en obras de gran magnitud para verificar su utilidad en la disminución de la generación de residuos.

Es importante que se elaboren planes de manejo de los residuos generados en las obras constructivas, como la clasificación de material que posea características y propiedades para la reutilización y que a su vez esto permita la elaboración de productos innovadores en los que se pueda emplear el material, que cumplan con la normativa vigente para brindar garantías de uso en nuestro medio.

Se debe realizar diferentes muestras de los ladrillos reciclados, utilizando diferentes porcentajes de ligantes, para determinar si existe una variación en la resistencia.

Es recomendable que los ensayos de compresión de las muestras de los ladrillos reciclados, sean ejecutados en las mismas máquinas y bajo iguales condiciones, con la finalidad de obtener resultados óptimos y confiables.

Se recomienda que se elaboren muestras de ladrillo variando las dosificaciones, además de adherir fibras, aditivos u otros materiales que mejoren la resistencia y por ende el acabado de los mismos y aplicar los ensayos de resistencia para que el producto sea normado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] H. Porras Díaz, O. Sánchez Rivera y J. Galvis Guerra, “Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual” *AVANCES Investigación en Ingeniería*, vol. XI, nº 1, pp. 4-22, 2014.
- [2] J. Pons Achell, *Introducción a Lean Construction*, Fundación Laboral de la Construcción, Madrid, 2014.
- [3] M. Rojas López, M. Henao Grajales y M. Valencia Corrales, “Lean construction – LC bajo pensamiento Lean”, *Revista Ingenierías*, vol. 16, nº 30, pp. 9-14, 2017.
- [4] N. Deleg, *Definición de un proceso de producción semi-industrial en la parroquia Susudel*, Cuenca, 2010.
- [5] *Ladrillos cerámicos. Determinación a la resistencia a la compresión*. NTE INEN 294. Servicio ecuatoriano de normalización [INEN], 2014.



Mayra Janneth Cando. - Nació en Cuenca, Ecuador en 1996. Recibió su título de Tecnóloga en Construcción del Instituto Superior Tecnológico Andrés F. Córdova en 2019. Su campo de investigación se encuentra relacionado con la Elaboración de productos a base de desperdicios de la construcción.



Mónica Patricia Saldaña. - Nació en Déleg en 1994. Recibió su título de Tecnóloga en Construcción del Instituto Superior Tecnológico Andrés F. Córdova en 2019. Su campo de investigación se encuentra relacionado con la Elaboración de productos a base de desperdicios de la construcción.