

# Manufacturing and Quality Control System for Eco-Friendly Bricks

Helguero Velásquez, Hernán Luis<sup>1</sup>[0000-0002-3952-697X]

<sup>1</sup> Facultad Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica de Oruro, Oruro, Bolivia  
hernan.helguero@sistemas.edu.bo

**Abstract.** This paper presents a manufacturing system for producing eco-friendly bricks, integrating industrial automation and computer vision technologies. The system uses a Siemens PLC to control the entire process and an HMI interface for real-time monitoring. As the second part of the project, a computer vision-based quality control module was incorporated using the Haar Cascades technique, which classifies the brick as acceptable (GOOD) or defective (BAD). Tests were conducted on the functional prototype, achieving a classification accuracy of 86% on a set of 35 samples. The results demonstrate the system's viability as an alternative for improving efficiency and quality in the production of eco-bricks.

**Keywords:** Process Automation, Quality Control, Computer Vision, Eco-Friendly Bricks.

## Sistema de Fabricación y Control de Calidad de Ladrillos Ecológicos

**Resumen.** El presente trabajo presenta un Sistema de Fabricación para la elaboración de Ladrillos Ecológicos, integrando tecnologías de automatización industrial y visión por computador. El sistema utiliza un PCL Siemens para el control de todo el proceso, y una interfaz HMI para la supervisión en tiempo real. Como segunda parte del trabajo, se incorpora un módulo de Control de Calidad basado en Visión por Computador utilizando la técnica Haar Cascades, que permite clasificar al ladrillo como aceptable (GOOD) o defectuoso (BAD). Se realizaron pruebas sobre el prototipo funcional, obteniendo una precisión de clasificación del 86% en un conjunto de 35 muestras. Los resultados evidencian una viabilidad del sistema como alternativa para mejorar la eficiencia y calidad en la producción de Ladrillos Ecológicos.

**Palabras clave:** Automatización de Procesos, Control de Calidad, Visión por Computador, Ladrillo Ecológico.

## **1 Introducción**

La automatización de procesos industriales ha permitido mejorar significativamente la productividad en diversos sectores, agilizando procesos, mejorando la calidad, optimizando tiempos, contribuyendo con el medio ambiente y reduciendo costos. La producción de ladrillo es fundamental en el sector económico de la construcción y presenta una demanda creciente, lo que exige su modernización. Sin embargo, la mayoría de las ladrilleras son artesanales, limitadas por factores como falta de recursos, capacitación técnica y adopción tecnológica. (Sánchez & Vargas, 2020)

Por otra parte, la situación es preocupante, puesto que hay muchas ladrilleras que contaminan el medio ambiente con la quema de llantas, maderas y plásticos en general, ocasionando la liberación de gases tóxicos al medio ambiente y daños en la salud de la población (Choque, 2017).

También es cierto, que la construcción no se acabará inmediatamente; sin embargo, se pueden cambiar los materiales a utilizar por unos que cuenten con los criterios mínimos (Febres & Vargas, 2021). Y dado que no existe en la actualidad plantas de producción de ladrillos basados en plástico reciclado, se tomará como base aquellas características de las plantas de producción de ladrillos convencionales, pues se considera que se tendrá una forma de operación similar, adaptando ciertos aspectos al nuevo tipo de ladrillos. (Campos et al., 2019)

Finalmente, como los procesos son realizados a gran velocidad, el control de calidad puede presentar fallas que no se logran detectar por el ojo humano y requieren de métodos más avanzados, para evitar productos de baja calidad. Entonces, es necesario reemplazar los métodos tradicionales por sistemas de control de calidad automatizados, que brindan la posibilidad de inspeccionar toda la producción a grandes velocidades. Y gracias a todas sus características, esta tecnología ha conseguido una gran aceptación por las industrias de todo el mundo, y se está empleando cada vez con mayor frecuencia. (León et al., 2019)

## **2 Trabajos Relacionados**

La tecnología se volvió imprescindible para la industria, esto porque los procesos que se hacen son más rápidos y se realizan en mayores cantidades. Las empresas deben adaptarse a la implementación de la tecnología, buscando minimizar la intervención humana y priorizar la automatización de procesos. Algunas investigaciones han abordado estos temas. Aguirre & Ubillús (2020) desarrolla el diseño e implementación de una planta automatizada orientada a la trituración de plástico de polietileno, y generar materia prima para la fabricación de ladrillos ecológicos. Campos et al., (2019) presenta un procedimiento para la elaboración del ladrillo ecológico. Esto empieza con el reciclado de plástico para pasar a ser triturado, se mezclan los componentes y se obtiene el ladrillo ecológico. Después se coloca en un molde adecuado, para obtener las medidas requeridas. Se deja secar por un día y se procede al curado, que es un procedimiento donde los ladrillos se sumergen en un contenedor con agua durante 7 días para que estos adquieran sus características de cohesión. Finalmente, se procede al secado, dura 28 días si se trata de un secado natural, a temperatura ambiente. Con este último proceso el ladrillo adquiere sus propiedades mecánicas características.

Las aplicaciones de visión por computador según Rodríguez et al (s.f.) e Infaimon (2022), se desarrollan en dos niveles: Visión de bajo nivel, donde se extraen sus características de la imagen como color y textura, y Visión de alto nivel (Análisis de la imagen), donde se utilizan para analizar, reconocer y localizar objetos. García (2015) indica que la competencia es cada vez mayor y debido a esto, la calidad y la velocidad de la producción se ha convertido en un factor importante. Dando lugar a la necesidad de disponer de sistemas de visión artificial en la industria. Otro trabajo es el Leon et al. (2019), cuyo objetivo es el de desarrollar un sistema de control de calidad de botellas utilizando algoritmos de detección de bordes y filtros morfológicos, para verificar el nivel de llenado y el etiquetado de las botellas.

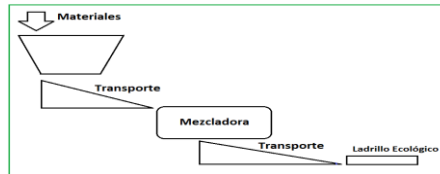
### **3 Metodología**

Se propone un Sistema de Fabricación para la elaboración de Ladrillos Ecológicos, realizando la automatización de los procesos con un PLC y con un HMI para una mejor interacción y visualización de los procesos. Luego, se propone un Control de Calidad que se realiza con la Visión por Computador, después de la obtención del ladrillo, se verifica si cumple o no cumple las características deseadas. Se trabaja con Python, y la técnica Haar Cascades, para el reconocimiento del Ladrillo. Ese resultado se presenta en una página web para tener una mejor visualización.

#### **3.1 Sistema de fabricación**

En la figura 1, se presenta un Diagrama de Funcionamiento del Sistema de Fabricación que se propone. Actualmente la fabricación de ladrillos posee una serie de procesos estandarizados a nivel global, que van desde la selección del material hasta el proceso de empaclado, como se menciona en Reinoso et al. (2017).

Para el funcionamiento de la propuesta, se toma como base el procedimiento de Campos et al. (2019), que se detalla a continuación: se debe empezar con el llenado de materiales a una tolva, esto es controlado por dos sensores inductivos, a los que llamaremos como sensor 1 y sensor 2. El sensor 1 se coloca en la base y se encarga de controlar si la tolva se encuentra vacía, y el sensor 2, se coloca cerca al tope máximo de la tolva, quien estará encargada de indicar el llenado. Una vez que se llene la tolva, el sensor 2 manda una señal a un motor que se encuentra en la base de la tolva, y abrirá la compuerta, permitiendo el transporte del material hacia el siguiente proceso. El sensor 1 detecta si está vacío y envía una señal a otro motor encargado de cerrar esa compuerta; para nuevamente poder llenar la tolva. El siguiente proceso es la mezcla de los materiales, la mezcla inicia, cuando se le manda la señal con un pulsador a un motor para hacer funcionar dando vueltas, y con un sensor magnético, se calcula la cantidad de vueltas que debe realizar, hasta obtener un material compacto. Una vez obtenida esa cantidad de vueltas deseada se manda una señal y se abre otra compuerta, que permite pasar hacia el siguiente proceso que se denominada obtención del Ladrillo. En esta última parte, el material compacto se coloca en un molde, durante un determinado tiempo; al finalizar este tiempo, un motor empuja el molde, y con la ayuda de un sensor de barrera empieza el conteo de la cantidad de Ladrillos obtenidos. Las dimensiones de los Ladrillos Ecológicos que se obtienen son de 11.4cm de largo, 6.5cm de ancho y 4cm de alto. Todo este proceso es programado en el PLC.



**Fig. 1.** Diagrama de funcionamiento del Sistema de Fabricación.

Una vez obtenido el Ladrillo Ecológico, se realiza su verificación mediante el uso de la Visión por Computador, esto se ubica al final del sistema de fabricación. Se emplea una cámara que captura la imagen en tiempo real, la cual es procesada para su análisis y clasificación. Para la detección del objeto se utiliza la técnica Haar Cascades, la cual se basa en la combinación de clasificadores débiles aplicados sobre distintas regiones de la imagen. Esto permite encontrar las características (features) basadas en regiones de píxeles, facilitando su reconocimiento en tiempo real (Jeremías, 2020)

Es deseable obtener ladrillos de buena calidad, por tal razón, se necesita conocer si el ladrillo obtenido cumple o no cumple ciertas características. Según Arkiplus (2022) son: los ladrillos deben ser uniformes en color, tamaño y forma, el tamaño estándar ladrillo debe mantenerse; deben ser sólidos y compactos; deben estar libres de grietas y otros defectos como burbujas de aire, nódulos de piedra, etc. con bordes agudos y cuadrados.

Para ello, dividimos en dos grupos a los ladrillos obtenidos, lo que conocemos como “clases”: ladrillos de buena calidad (GOOD) los que cumplen con las características y ladrillos defectuosos (BAD), los ladrillos que no cumplen las características. Identificamos las características relevantes del objeto, como bordes y formas, permitiendo su detección en tiempo real, durante esta ejecución, el sistema captura las imágenes del ladrillo producido y realiza su clasificación automáticamente. Los ladrillos que se obtienen se observan en la figura 2:



**Fig. 2.** Izquierda: Ladrillo GOOD – Derecha: Ladrillo BAD.

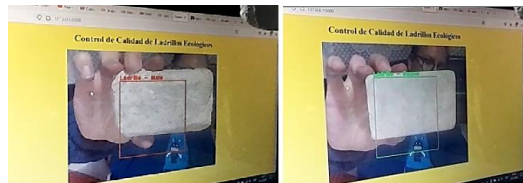
## 4 RESULTADOS

Luego de programar los procesos, se diseña el HMI con dos pantallas. La primera pantalla presenta 3 botones: START, STOP y NEXT, y un indicador que se enciende/apaga cuando inicia/finaliza todo el proceso. La siguiente pantalla contiene todo el proceso del Sistema de Fabricación, con indicadores que se habilitan según sean necesarios y etiquetas que indican las partes del proceso y la cantidad de ladrillos que se va obteniendo. En la figura 3, se observa el HMI diseñado.



**Fig. 3.** Pantallas del HMI del Sistema de Fabricación.

Los resultados del reconocimiento se visualizan en una interfaz web, donde se muestra el tipo de ladrillo detectado, acompañado de un indicador visual (verde – GOOD y rojo BAD). La página web funcionará de manera local o en una red, y se podrá acceder mediante la dirección: <http://127.0.0.1:5000/> mediante un navegador (figura 4).



**Fig. 4.** Reconocimiento de Ladrillo tipo **BAD** (izquierda) – **GOOD** (derecha).

Se realizaron pruebas experimentales utilizando un prototipo funcional del sistema de fabricación (figura 5), evaluándose 35 ladrillos ecológicos producidos bajo condiciones controladas. Se obtuvieron 30 ladrillos correctamente clasificados y 5 ladrillos incorrectamente clasificados, dando una precisión del sistema de un 86%.



**Fig. 5.** Prototipo funcional

El tiempo promedio de detección por ladrillo fue aproximadamente de 0,8 segundos, lo que permite aplicarlo en un entorno de producción de tiempo real. En cuanto al proceso de fabricación, se observó una producción aproximada de 10 ladrillos cada 100 minutos, lo que permite estimar la capacidad de una escalabilidad a futuro del sistema.

## 5 Discusión

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema propuesto es viable para la automatización de la producción y control de calidad de los ladrillos ecológicos. Como principal ventaja se destaca: la reducción de la intervención humana en el proceso, mejora en el control de calidad y la integración de tecnologías. Pero, también presenta limitaciones como la dependencia de condiciones de luz para un correcto reconocimiento del ladrillo, utilizando una técnica básica de clasificación

## 6 Conclusiones y Trabajo Futuro

Se construyó un prototipo con algunos sensores, automatizado con un PLC, y se integró un módulo de control de calidad basado en Visión por Computador. La combinación de la automatización industrial con técnicas de visión por computador, representan una alternativa efectiva para mejorar los procesos productivos en la industria ladrillera, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

Los resultados obtenidos, prueban que el sistema es capaz de clasificar correctamente los ladrillos con una precisión del 86%, siendo viable como aplicación industrial.

Como trabajo futuro, se propone la incorporación de técnicas más avanzadas de aprendizaje profundo para mejorar la precisión del sistema, y poder implementar en entornos industriales reales.

## Referencias

- Aguirre, J. D., & Ubillús, K. (2020). Diseño e implementación de una planta piloto automatizada de trituración de plástico de polietileno de baja densidad para la generación de materia prima de ladrillos ecológicos (Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú).
- Arkiplus. (2022). Características de un buen ladrillo. <https://www.arkiplus.com/caracteristicas-de-un-buen-ladrillo/>
- Campos, K. L., et al. (2019). Diseño del proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado (Proyecto de investigación, Universidad de Piura, Perú).
- Choque, P. R. (2017). Estudio técnico económico social y ambiental para la producción de ladrillos a base de reciclado de residuos electrónicos y eléctricos para la empresa Tecminal Corp (Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia).
- Febres, G. M., & Vargas, M. E. (2021). Estudio de prefactibilidad para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de material reciclado PET (Tesis de grado, Universidad de Lima, Perú).
- García, C. (2015). Implementación de un sistema de visión para fallas de falta de formado de remaches (Tesis de maestría, CIATEQ Centro de Tecnologías Avanzadas, México).
- Infaimon. (2022). Control de calidad por visión artificial: Aplicaciones y ventajas. <https://blog.infaimon.com/gestion-de-la-calidad-total-mediante-la-vision-artificial/>
- Jeremías, E. (2020). Reconocimiento de objetos a través de la metodología Haar Cascades. *Revista Argentina de Ingeniería*, 8(16), 64–70.
- León, R. A., et al. (2019). Desarrollo de sistema de visión artificial para control de calidad de botellas en la empresa Cartavio Rum Company. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 19(1), 17–25.
- Reinoso, E., et al. (2017). Elaboración de ladrillos ecológicos a base de polietileno. *Revista Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas*, 1(1), 30–34.
- Rodríguez, S., Echeverri, A., & Yunda, L. (s.f.). Implementación de un sistema de visión artificial para el control de calidad en área superficial de piñones industriales.
- Sánchez, J. A., & Vargas, J. M. (2020). Diseño de la automatización del proceso de producción de materiales de construcción a base de arcilla para la Ladrillera El Rubí S.A.S Tunja (Trabajo final de especialización, Universidad Santo Tomás Bucaramanga, Colombia).