

Diseño de un sistema de bandas transportadoras para la industria alimenticia

Design of a conveyor belt system for the food industry

Juan González¹

Juan Chica²

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

Resumen

En la industria de empaques para alimentos, caracterizada por su alta competitividad y dinamismo, la optimización de recursos y la garantía de calidad dependen en gran medida de la precisión y eficiencia de los procesos productivos. En este contexto, la propuesta presentada busca responder a un reto relevante en el sector: la automatización del sistema de clasificación en una línea de producción ya existente. Actualmente, la fábrica mantiene una fuerte dependencia de la clasificación manual, lo que ha ocasionado retrasos, cuellos de botella y un nivel de error que repercute de manera negativa en la productividad global. La iniciativa planteada se configura como una alternativa integral que incorpora los fundamentos de la automatización industrial, el control de procesos y la programación de autómatas programables (PLC), complementados mediante una interfaz hombre-máquina (HMI) para la supervisión y el control. Su propósito principal es diseñar e implementar un sistema automático capaz de identificar y redirigir cinco categorías de productos (A, B, C, D y E) hacia sus correspondientes líneas de empaque con altos niveles de exactitud y eficiencia.

Palabras clave: automatización industrial, sistema de clasificación, controladores lógicos programables (PLC), interfaz hombre-máquina (HMI), eficiencia productiva.

Abstract

In the food packaging industry, characterized by high competitiveness and constant dynamism, resource optimization and quality assurance largely depend on the accuracy and efficiency of production processes. In this context, the proposal presented seeks to address a significant challenge in the sector: the automation of the classification system within an existing production line. At present, the factory relies heavily on manual classification, which has resulted in delays, bottlenecks, and an error rate that negatively affects overall productivity. The initiative is

¹ estudiante ingeniería electrónica, jcgonzalezlu@unadvirtual.edu.co

² Ingeniero electrónico, Juan.chica@unad.edu.co

conceived as a comprehensive solution that integrates the principles of industrial automation, process control, and programmable logic controller (PLC) programming, complemented by a human-machine interface (HMI) for monitoring and control. Its main objective is to design and implement an automatic system capable of identifying and redirecting five product categories (A, B, C, D, and E) toward their respective packaging lines with high levels of accuracy and efficiency.

Keywords: Industrial automation, sorting system, PLC, HMI, productive efficiency.

1. Introducción

La automatización industrial se ha convertido en un eje estratégico para incrementar la eficiencia, la calidad y la competitividad en los procesos de producción. En el ámbito alimentario, donde la clasificación y el empaquetado requieren rapidez y exactitud, la incorporación de sistemas automáticos contribuye a disminuir los errores humanos, optimizar los tiempos de operación y asegurar la trazabilidad de los productos. Bajo este panorama, el presente proyecto se centra en el diseño y simulación de un sistema automatizado de clasificación dentro de una línea de producción, empleando sensores especializados, actuadores, un PLC Siemens S7-1200, una interfaz HMI para la supervisión, y un variador de velocidad que evita la saturación del sistema.

El sistema propuesto permite distinguir cinco categorías de productos (A, B, C, D y E) mediante el uso de diferentes tecnologías de sensado: colorimétricos, magnéticos, RFID y de proximidad. Con base en esta detección, dos actuadores redirigen de forma automática los productos hacia bandas secundarias, mientras que una banda principal de tipo circular garantiza la continuidad del flujo, incluso en situaciones de congestión. La programación del control se realizó en lenguaje Ladder (LD) para la gestión de operaciones secuenciales, y en Function Block Diagram (FBD) para el tratamiento de señales analógicas, lo que facilita la modularidad y el mantenimiento del sistema.

Más allá de la automatización del proceso de clasificación, esta propuesta también impulsa el desarrollo de competencias en programación de PLC, la integración de tecnologías industriales y el diseño de soluciones eficientes mediante simulación avanzada, respondiendo a las demandas actuales del entorno productivo.

2. Marco teórico

2.1 Sensores

- *Sensor de color RGB (triestímulo)*

Es uno de los sensores de color más utilizados y opera bajo el modelo RGB. Su diseño incorpora tres fotodetectores, cada uno con un filtro para los componentes rojo, verde y azul, emulando el mecanismo de percepción del ojo humano. Estos dispositivos resultan adecuados para la mayoría de las aplicaciones que requieren identificación cromática.

- *Sensor inductivo*

Corresponde a un sensor de proximidad sin contacto, diseñado para la detección de materiales metálicos. Su operación se fundamenta en la inducción electromagnética, creando un campo magnético de alta frecuencia que se ve perturbado al entrar en interacción con un objeto metálico.

- *Sensor capacitivo*

Se trata de un sensor de proximidad que no requiere contacto físico y permite identificar tanto objetos metálicos como no metálicos. Su principio de operación se basa en la variación de la capacitancia dentro de un campo eléctrico. A diferencia de los sensores inductivos, que solo reconocen metales, los capacitivos son capaces de detectar cualquier material con una constante dieléctrica distinta a la del aire.

2.2 Controlador lógico programable (PLC)

El Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1211C es un PLC compacto perteneciente a la familia S7-1200, diseñado para aplicaciones de automatización simples y de complejidad media. Aunque corresponde al modelo más básico de esta serie, ofrece funcionalidades suficientes para una amplia variedad de escenarios industriales.

- *Características principales*

Procesador: ejecuta el programa de usuario encargado de la lógica del proceso.

Entradas y salidas (E/S) integradas: dispone de un número fijo de entradas y salidas digitales, además de algunas entradas analógicas.

Fuente de alimentación: disponible en versiones para corriente alterna (AC) o corriente continua (DC), según el modelo.

Comunicación: incorpora un puerto PROFINET/Ethernet para programación, conexión con interfaces hombre-máquina (HMI) y comunicación con otros dispositivos.

2.3 Actuadores

Los actuadores representan los “músculos” de un sistema de automatización. Son dispositivos que convierten energía proveniente de una fuente externa (eléctrica, neumática, hidráulica, entre otras) en movimiento mecánico, ya sea lineal,

rotativo u oscilatorio, o en algún otro tipo de acción física. Su operación se activa mediante señales de control enviadas por un controlador, como un PLC, que determinan la acción a ejecutar en el proceso.

En términos funcionales, mientras los sensores actúan como los “ojos” y “oídos” del sistema al recopilar información, los actuadores cumplen el rol de “manos” y “pies” al ejecutar la acción física.

- *Principio de funcionamiento*

La base de cualquier actuador consiste en transformar un tipo de energía en fuerza y movimiento. En este proyecto, la selección del tipo de actuador y de la energía utilizada responde a la necesidad de generar un desplazamiento lineal que permita desviar los objetos hacia las diferentes bandas transportadoras.

3. Diseño y desarrollo

El PLC Siemens S7-1200 CPU 1211C constituye una alternativa adecuada y eficiente para aplicaciones de automatización de nivel medio. Se caracteriza por su versatilidad, facilidad de uso y por ofrecer un equilibrio entre desempeño, costo y prestaciones técnicas. Además, su integración con la interfaz HMI resulta sencilla gracias a las funcionalidades incluidas en el software TIA Portal, que permite la configuración y programación unificada del sistema.

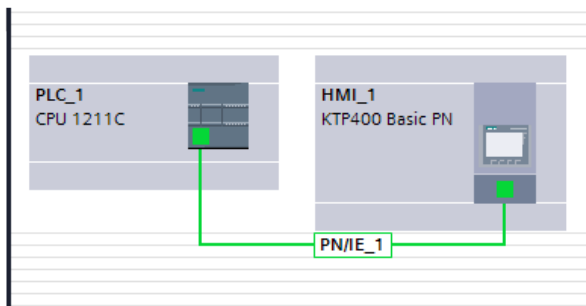


Figura 1. Dispositivos que se usaron.

Para emplear este PLC es necesario llevar a cabo una configuración inicial que abarca la programación de la lógica de control, el establecimiento de la comunicación con otros dispositivos, la creación de bloques de datos y la habilitación de funciones complementarias que garantizan un funcionamiento óptimo del sistema.

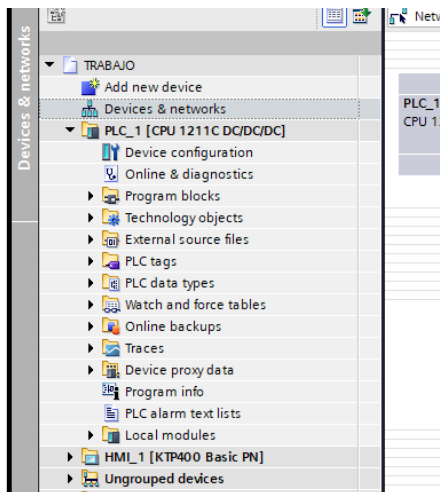


Figura 2. Bloques generados TIA Portal.

La programación desarrollada se encuentra en la carpeta Program Blocks, dentro de la cual se incluye el bloque que establece la conexión entre Factory I/O y TIA Portal, identificado como MHJ-PLC-LAB-FUNCTIONS-S71200. En este bloque se definen los procesos implementados junto con la base de datos asociada.

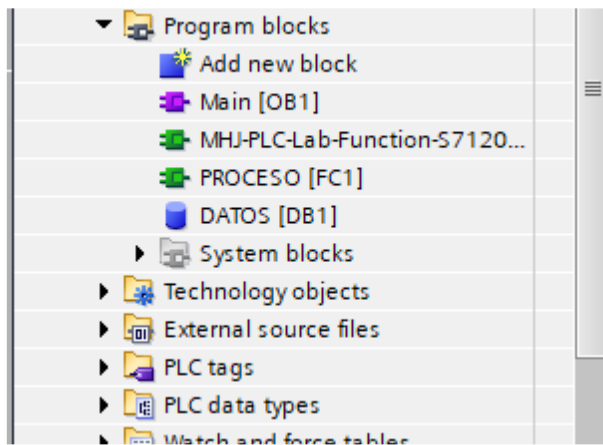


Figura 3. Programación bloques utilizados.

3.1 Bloque PROCESO [Fc1]

Este bloque contiene la programación implementada en el PLC. En primera instancia, la lógica secuencial definida en el diagrama GRAFCET se tradujo a un lenguaje de programación comprensible para el controlador, estructurando cuatro etapas: etapa 0, etapa 1, etapa 2 y etapa 3. La etapa 0 cumple la función de mantener el sistema en estado de reposo, mientras que las etapas 2 y 3 operan en paralelo y dependen de la ejecución de la etapa 1. A través de estas etapas se gestionan los actuadores, y toda la lógica fue desarrollada empleando el lenguaje Ladder Diagram (LD).

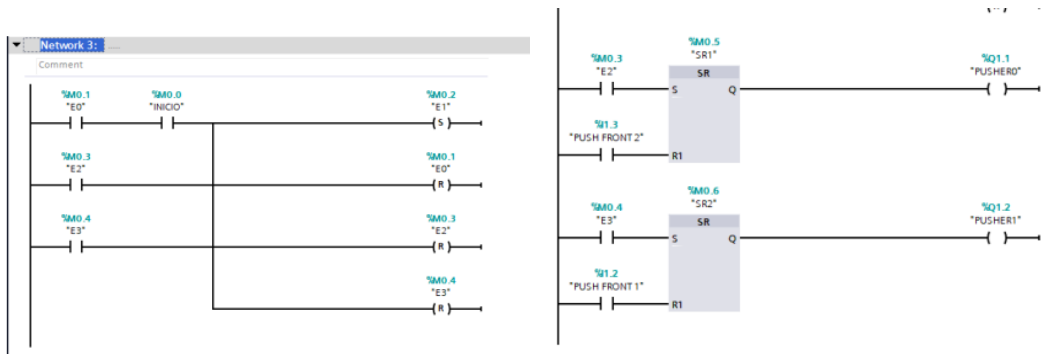


Figura 4. Programación ladder.

Mediante la programación en Ladder Diagram (LD) se generan las acciones que posteriormente se reflejan en los actuadores. Dentro de este esquema también se implementa la conversión de señales analógicas, aspecto indispensable en este proceso debido al uso de dispositivos como el potenciómetro y su salida correspondiente. En el caso de algunas bandas transportadoras, fue necesario definir salidas negativas, ya que las mismas conexiones empleadas para el sentido normal también permiten el giro en dirección opuesta; este inconveniente se resolvió asignando un signo contrario a dichas salidas. Adicionalmente, se incorporaron funciones como norm_x, scale_x y calculate, que contribuyen a la correcta operación del sistema.

Con la configuración previamente establecida en línea, es posible integrar Factory I/O para visualizar la simulación del funcionamiento del proyecto. En este entorno, la programación cargada en el PLC S7-1200 (CPU 1211C) se encarga de ejecutar la lógica de control, permitiendo la clasificación de los productos conforme a las especificaciones definidas en el proyecto.

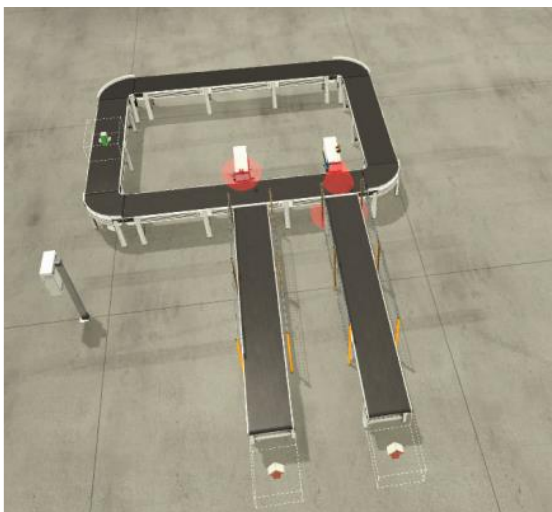
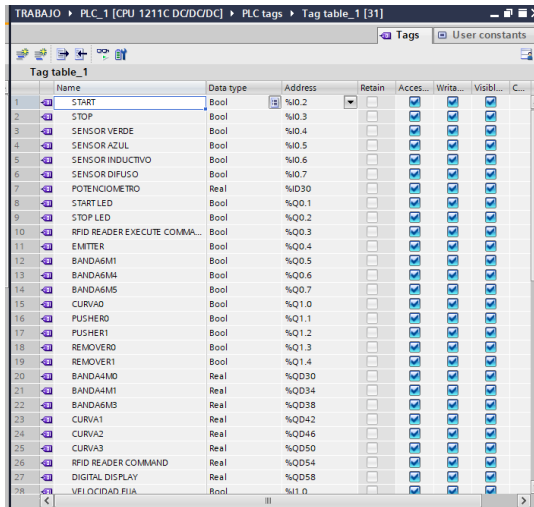


Figura 5. Diseño en Factory IO.

Las señales de entrada y salida deben coincidir exactamente con las definidas en la programación de TIA Portal. Esta correspondencia se verifica a través de la tabla de variables (Tag Table_1) creada en dicho entorno, donde es posible comprobar que las mismas variables de entrada y salida se emplean en idénticas direcciones en ambos casos, garantizando así la correcta operación del PLC S7-1200.



Name	Data type	Address	Retain	Access...	Write...	Visibl...	C...
START	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
STOP	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SENSOR VERDE	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SENSOR AZUL	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SENSOR INDUCTIVO	Bool	%I0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SENSOR DIFUSO	Bool	%I0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
POTENCIOMETRO	Real	%I0.30		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
START LED	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
STOP LED	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
RFID READER EXECUTE COMMA...	Bool	%Q0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
EMITTER	Bool	%Q0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
BANDA6M1	Bool	%Q0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
BANDA6M4	Bool	%Q0.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
BANDA6M5	Bool	%Q0.7		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
CURVA0	Bool	%Q1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PUSHER0	Bool	%Q1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PUSHER1	Bool	%Q1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
REMOVER0	Bool	%Q1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
REMOVER1	Bool	%Q1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
BANDA4M0	Real	%Q0.30		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
BANDA4M1	Real	%Q0.34		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
BANDA6M0	Real	%Q0.38		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
CURVA1	Real	%Q0.42		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
CURVA2	Real	%Q0.46		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
CURVA3	Real	%Q0.50		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
RFID READER COMMAND	Real	%Q0.54		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
DIGITAL DISPLAY	Real	%Q0.58		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
VFL.DCIDAD.FIJA	Bool	%I1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 6. Entradas y salidas PLC TIA porta.

En esta etapa, los programas se encuentran sincronizados y configurados para dar solución al problema planteado. A partir de ello, es posible observar su funcionamiento a través de Factory I/O, donde la simulación ya está en ejecución. Para poner en marcha el sistema, es necesario activarlo desde el panel de control previamente instalado.

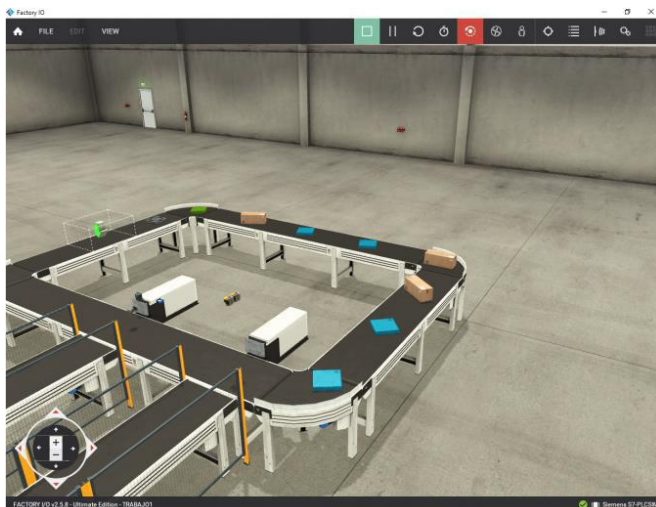


Figura 7. Sistema simulado sobre Factory IO.

La simulación desarrollada en Factory I/O se complementa con el HMI implementado en TIA Portal, lo que permite observar en tiempo real la sincronización entre ambos entornos. A través del manejo del variador de velocidad mediante el potenciómetro, es posible verificar el comportamiento de la banda transportadora en modo manual, iniciando en 0.0 y aumentando progresivamente la velocidad según la configuración establecida.



Figura 8. Sistema HMI, basado en Siemens SIMATIC.

De igual forma, la activación de sensores y actuadores puede visualizarse en el HMI, garantizando una supervisión clara y confiable del proceso. Esta integración entre la simulación y la interfaz de control confirma la correcta implementación del sistema de clasificación automática, demostrando su eficacia para optimizar la operación, mejorar la precisión y aportar valor en entornos industriales reales.

4. Conclusiones

La implementación de un sistema de clasificación automática en la línea de producción de la fábrica de empaquetado de alimentos se plantea como una solución robusta y eficiente frente a las limitaciones del proceso manual. Mediante la integración de conocimientos en automatización de procesos, control de sistemas, programación de PLC y tecnologías HMI, este proyecto demuestra el potencial de la automatización para optimizar la productividad y minimizar los errores en entornos industriales reales.

La identificación y clasificación precisa de los cinco tipos de productos (A, B, C, D y E), a través del uso de sensores especializados y actuadores de selección, ha permitido establecer un flujo de materiales más ágil, seguro y controlado.

Asimismo, la incorporación de variadores de velocidad en las bandas transportadoras —incluyendo la banda principal con diseño circular— añade una

capa de flexibilidad operativa, lo que posibilita la adaptación a fluctuaciones en el flujo de productos y evita posibles congestionamientos, en concordancia con las condiciones planteadas en el problema.

Referencias

- García Moreno, E. (2020). *Automatización de procesos industriales: robótica y automática*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Groover, M. (2015). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing* (4th ed.). Pearson.
- Hackworth R. & Hackworth, D. (2004). *Programmable Logic Controllers: Programming Methods and Applications*. Pearson.
- Lewis, R. W. (2001). *Programming industrial control systems using IEC 1131-3* (2nd ed.). IET, DOI: 10.1049/PBPC017E
- RealPars (2022). Variable Frequency Drive (VFD): What is it? <https://www.realpars.com/blog/variable-frequency-drive>
- Rodríguez Aya, A. A., Chica García, J. A., Figueredo Luna, J. A. & Púa Castro, J. L. (2022). *Análisis comparativo de plataformas IoT para el desarrollo de aplicaciones en Ingeniería Electrónica*. Documentos de Trabajo ECBTI.
- Siemens AG. (2022). *SIMATIC S7-1200 Programmable Controller: System Manual*, <https://support.industry.siemens.com>
- Singh, K. L. (2017). *Industrial Instrumentation and Control*. McGraw-Hill Education.
- Vikram, N. & Harish, K. S. (2017). A Low Cost Home Automation System Using Wi-Fi Based Wireless Sensor Network Incorporating Internet of Things (IoT). *2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7976782>