

Implementación de Sistema Batch con Banda Transportadora a partir de Arduino MEGA con lenguaje escalera

Diego Garnica Sosa
Escuela de Ingeniería
Universidad La Salle
Pachuca
Pachuca, Hidalgo
diego.garnica@lasallep.mx

José Pablo Benítez
Mazariegos
Escuela de Ingeniería
Universidad La Salle
Pachuca
Pachuca, Hidalgo
jose.mazariegos@lasallep.mx

Jaime Rodrigo Franklin
Chávez
Escuela de Ingeniería
Universidad La Salle
Pachuca
Pachuca, Hidalgo
jaime.franklin@lasallep.mx

Romina Lilibeth López
Sánchez
Universidad La Salle
Pachuca
Pachuca, Hidalgo
romina.lopez@lasallep.mx

Ordaz Oliver Mario Oscar
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Tecnológico Nacional De México, Campus Pachuca,
Pachuca Hidalgo
mario.oo@pachuca.tecnm.mx

Resumen—El presente documento detalla el diseño, implementación y resultados obtenidos en la construcción de un reactor batch acoplado a una banda transportadora. El objetivo principal del sistema es desarrollar un reactor batch con llenado automatizado mediante sensores infrarrojos, capaz de mezclar y posteriormente vaciar el contenido en un recipiente colocado en la banda transportadora. La banda, a su vez, cuenta con tres sensores ópticos infrarrojos que permiten detectar la posición del recipiente a lo largo de su recorrido por la banda.

Así mismo se destaca el uso de lógica programada en escalera mediante la tarjeta de desarrollo Arduino.

Palabras clave— Sistema de mezcla, Proceso industrial, Tanque, Placa de desarrollo, Mecanismo.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la eficiencia y precisión en los procesos industriales son factores clave para garantizar la calidad del producto final y reducir costos operativos. Particularmente en la mezcla de líquidos, la precisión en las proporciones y tiempos de mezclado son esenciales para asegurar la homogeneidad del compuesto. Los métodos tradicionales, generalmente manuales, presentan inconvenientes relacionados con la variabilidad en la calidad del producto, homogeneidad y un uso ineficiente de los recursos. Esto ha impulsado el desarrollo de dispositivos y tecnologías más avanzadas para mejorar la consistencia y el control en los procesos de mezcla (Grumann, 2005).

En este contexto, los reactores batch acoplados a sistemas automatizados como bandas transportadoras representan una solución efectiva para aumentar la eficiencia y rapidez en la producción industrial.

Un reactor Batch es un tanque de agitado cuyo impulsor no trabaja de manera continua, sino que es programado para trabajar por lapsos según las necesidades del proceso en el que se emplea (Yuridia, 2023).

Por otro lado, la banda transportadora es el sistema de transporte más utilizado en la industria y sirve para trasladar objetos de forma continua (Nextia, 2017).

Tener una configuración que combine ambos sistemas, permite un control más preciso sobre los parámetros de mezcla y el tiempo de procesamiento, lo que minimiza las pérdidas de material y materia prima, optimizando los recursos disponibles. Este informe tiene como objetivo explicar la implementación y el funcionamiento de un reactor batch acoplado a una banda transportadora, dividiéndose de la siguiente forma: conceptos, métodos-procedimientos, resultados-discusión y conclusión.

La motivación de este proyecto surge del enfoque en la innovación estudiantil, demostrando que la aplicación de tecnologías accesibles, como sensores y Arduino, pueden aplicarse eficazmente en la automatización de procesos industriales.

II. CONCEPTOS

A. Lenguaje escalera

El lenguaje LADDER o también conocido como lenguaje de escalera es un lenguaje gráfico de programación que hace uso de elementos eléctricos básicos.

Los símbolos que utiliza están bajo normas NEMA y uno de sus principales usos es en los Controladores Lógicos Programables (PLC).

B. Arduino

Arduino es una placa de desarrollo reprogramable de hardware libre basado en Processing que por medio de un microcontrolador permite establecer conexión con diversos sensores y actuadores, leyendo entradas y convirtiendo salidas. Nace en Italia en Ivrea Interaction Design Institute pensado para estudiantes como una herramienta fácil de usar para el aprendizaje y creación de prototipos a bajo costo.

C. Timers

Permiten controlar acciones específicas con respecto al tiempo, permitiendo organizar la periodicidad en las entradas y salidas del dispositivo ya que son variables internas que pueden mantenerse en un mismo estado por el tiempo que se establezca.

D. Enclavamiento

Se refiere a una condición lógica que impide o permite el funcionamiento de ciertos dispositivos o procesos dentro de un sistema de control industrial

III. DIFERENCIAS CON SISTEMAS ACTUALES

Trabajar con un Arduino Mega en lenguaje escalera en comparación con un PLC (Controlador Lógico Programable) presenta varias diferencias técnicas y funcionales importantes, debido a las distintas arquitecturas y objetivos de diseño de cada uno de estos sistemas de control.

Una de las principales diferencias cae en que los PLCs están diseñados para trabajar en aplicaciones más complejas, manteniendo la compatibilidad entre dispositivos de un mismo fabricante. En contraste, el Arduino Mega, aunque sea muy flexible, se limita a trabajarse en sistemas de prototipado y pequeñas automatizaciones, ya que puede presentar dificultades al integrarse en sistemas complejos debido a la falta de estandarización y soporte a nivel industrial.

Otra diferencia es que los PLCs están equipados con procesadores diseñados para manejar múltiples entradas y salidas a alta velocidad, permitiendo la realización de operaciones múltiples, cruciales en entornos industriales. Aunque el Arduino Mega puede manejar múltiples entradas y salidas, su procesador de 8 bits y velocidad de reloj (16 MHz) pueden ser insuficientes para aplicaciones de alta demanda en comparación con los PLCs.

IV. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Para un mejor entendimiento del proceso completo, se ha utilizado la metodología basada por división en subsistemas. En

este caso se dividió en tres subsistemas (Tanque Batch, Banda transportadora y Proceso de control), que se explican a continuación.

A. Tanque Batch

El tanque construido consiste en un tanque que es llenado por medio de dos tanques auxiliares. Posteriormente por medio de un motor acoplado a una paleta o aspas, mezcla el contenido del tanque.

El funcionamiento del tanque principal es por medio de tres sensores ópticos infrarrojos que monitorean el nivel del tanque (bajo, medio o alto). Los primeros dos sensores nivel bajo y nivel medio, dependiendo del estado que detecten mandan la señal a las bombas que se encuentran en los tanques auxiliares, llenando el tanque principal en partes proporcionales. Una vez lleno el tanque, el sensor de nivel alto manda la señal para que el motor acoplado en la parte superior mezcle los líquidos ingresados.

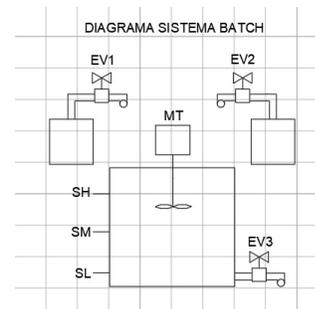


Fig. 1. Diseño conceptual Sistema Batch

B. Banda transportadora

Una vez concluido el timer que permite la agitación de las aspas en el tanque Batch, la banda queda activada para su uso. A lo largo de la banda, se colocaron tres sensores ópticos infrarrojos para detectar el recipiente en su recorrido por la banda (inicio, medio y fin).

El sensor del inicio detecta el recipiente y activa el motor que permite el giro de los rodillos incorporados a la banda transportadora, es decir la banda transportadora inicia su movimiento.

El segundo sensor (medio), detiene la banda y al mismo tiempo envía la señal a la bomba que se encuentra dentro del tanque batch para que llene el recipiente con la mezcla previamente realizada, una vez finalizado el llenado la banda vuelve a activarse y continua con su recorrido hasta llegar al final, en donde el último sensor detecta el recipiente y detiene la banda, finalizando así el proceso.

Si se requiere llenar más de un recipiente con la mezcla, únicamente es necesario posicionar un nuevo recipiente y el proceso se realizará de la misma forma.

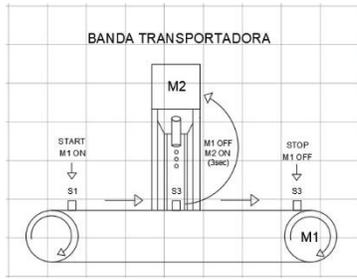


Fig. 2. Diseño conceptual Banda Transportadora

C. Proceso de control

El proceso de control consta de la programación de los procesos.

El primer paso es realizar el diagrama del funcionamiento del sistema, definir las variables, entradas y salidas, para posteriormente realizar la programación mediante diagrama de escalera en la aplicación Ladder Maker; ya que esta aplicación nos permite utilizar la lógica de escalera para programar en Arduino.

TABLA I
ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL CONTROL

SI	SD	MI
	Contacto NA	Se activa cuando hay una entrada, un bit de sistema.
	Contacto NC	Se activa cuando recibe un cero lógico.
	Bobina	Su activación equivale a tener un uno lógico.
	Timer	Introduce un retraso de tiempo cuando ocurre un evento específico.

Primero se realiza la programación del subsistema dos y posteriormente la programación del subsistema uno.

Una vez verificado el funcionamiento de ambos, se unen para tener todo el proceso de control en un solo programa. Para esto es necesario modificar entradas, salidas y variables con el fin de un correcto funcionamiento.

Ambos programas tenían un “start” y “stop” individualmente, al unirlos se dejó un inicio y paro que controle ambos sistemas.

En total el programa cuenta con ocho entradas declaradas, que corresponden a los 6 sensores infrarrojos y los dos botones de inicio y paro. Asimismo, tiene 5 salidas, de las cuales tres corresponden a las bombas ubicadas en los tanques y dos a los motorreductores de la mezcladora y banda.

Por último, el programa final cuenta con tres timers, el primero de 5 segundos detiene la banda, el segundo de 1.5 es el tiempo en que la bomba del tanque principal llena el recipiente, y por último un timer de 10 segundos que corresponde al tiempo de mezclado que enclava la variable MT para funcionar y posteriormente detenerse. Cabe mencionar que el tiempo de operación de estos timers se puede modificar a las necesidades que se requieran cubrir.

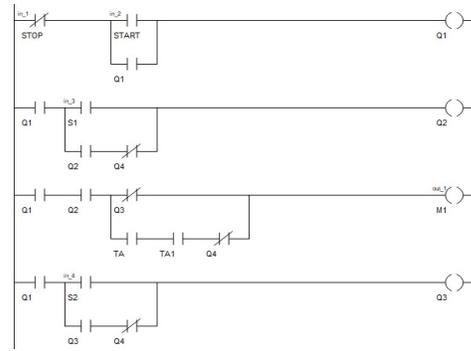


Fig. 3. Programa-parte 1

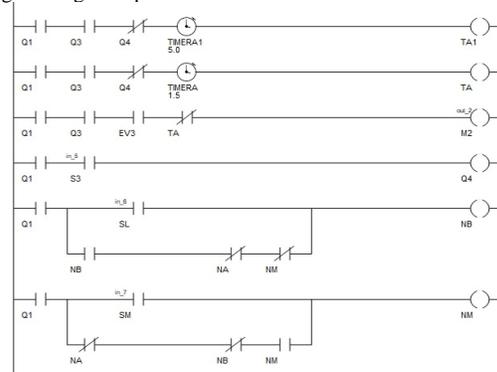


Fig. 4. Programa-parte 2

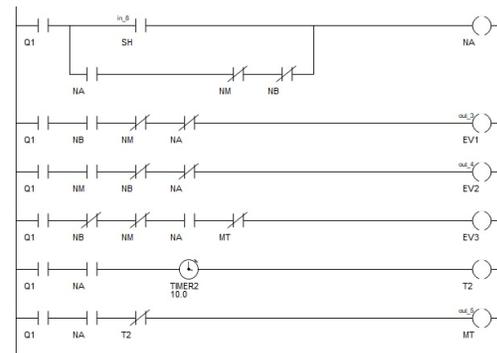


Fig. 5. Programa-parte 3

El siguiente paso por realizar posterior a la realización del programa, es compilarlo en Arduino; en este caso debido al número de entradas y salidas utilizadas por el programa es conveniente usar un Arduino MEGA, ya que cuenta con una mayor cantidad de entradas y salidas.

El paso final es realizar las conexiones correspondientes, usando de guía el esquema de conexiones que Ladder Maker proporciona.

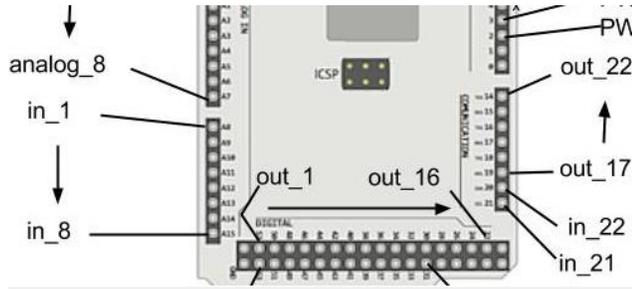


Fig. 6. Diagrama conexiones Arduino MEGA

Para el control del motor y bomba, se hace uso del puente h 1293d, al cual le corresponde el siguiente diagrama de conexiones.

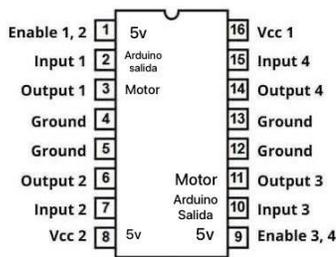
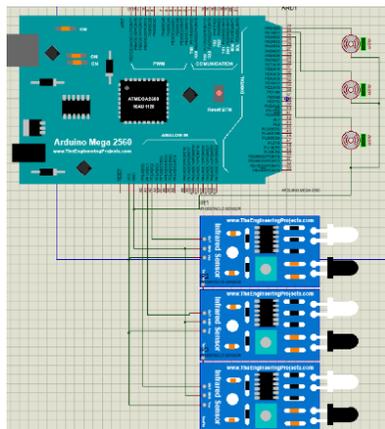


Fig. 7. Diagrama de conexiones puente h1293d.



La alimentación del Arduino se propone que sea con una pila o un alimentador de 9v, debido a la corriente que demanda todo el sistema.

La construcción del sistema implicó el uso de diversos materiales, seleccionados en función de sus propiedades y compatibilidad con las funciones requeridas:

Tanque Batch: Se emplearon tanques reciclados, el tanque principal es de vidrio para asegurar resistencia a los productos y una buena visibilidad del proceso de mezcla. Los tanques auxiliares, por otro lado, están hechos de plástico.

Banda Transportadora: La estructura de la banda fue construida con MDF ofreciendo una base sólida y fácil de

trabajar. El diseño fue desarrollado mediante el software de modelado 3D SolidWorks para garantizar precisión en la construcción. Además, tener los planos en SolidWorks permite ajustar con facilidad la escala del prototipo.

La banda transportadora está fabricada con plástico flexible, mientras que los ejes de los rodillos son de metal para proporcionar estabilidad y resistencia al movimiento.

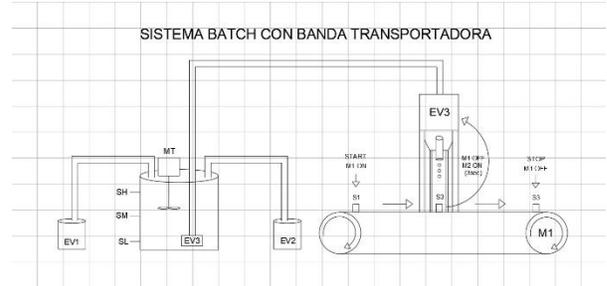


Fig. 9. Diseño conceptual Sistema Batch con banda transportadora

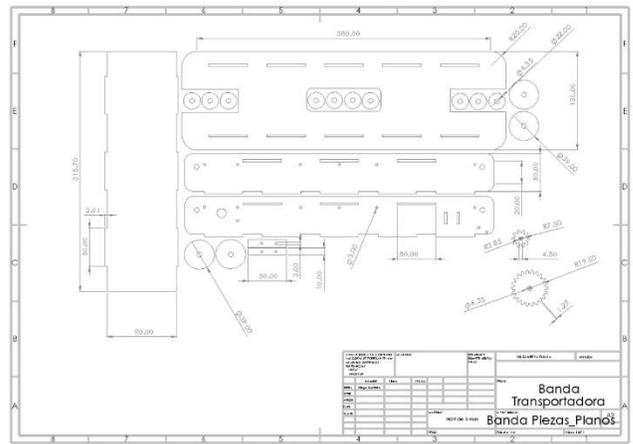


Fig. 10. Plano banda transportadora

Conexiones: Para las conexiones de ambos sistemas, se utilizaron mangueras con un diámetro interior de 4 mm.

Adicional se adjunta la siguiente tabla de materiales y costos.

TABLA II
TABLA DE MATERIALES

cantidad	Componente	Costo
2	Puente h 1293d	\$13
1	Protoboard	\$21
1	Estructura (MDF)	\$100
6	Sensor infrarrojo	\$19
2	Motorreductores	\$28
-	Jumpers	\$45
-	Pila 9v	\$25
1	Arduino	\$450
3	Mini bombas	\$35
1	Banda transportadora	\$10
	Total	\$952

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El producto por obtener es un sistema compuesto de una banda transportadora y un tanque batch. Capaz de realizar el proceso automatizado del llenado, mezclado y vaciado en un recipiente a lo largo de su trayectoria por la banda en una duración de 44 segundos del proceso completo, una vez lleno el tanque y realizado el mezclado dura 12 segundos el paso de cada recipiente.

El aspecto más importante por considerar es la calibración de los sensores infrarrojos, ya que el líquido necesita tener cierta coloración para que pueda ser detectado, además el tanque donde se coloquen necesita ser de vidrio para que puedan funcionar correctamente y no tenga lecturas erróneas, una de las soluciones sería utilizar un flotador para que se detecte de mejor manera la altura del líquido o el uso de otro tipo de sensores de mayor calidad que faciliten la posición del líquido como lo sería el sensor ultrasónico.

VI. CONCLUSIONES

El desarrollo de un reactor batch acoplado a una banda transportadora automatizada ha demostrado ser una solución eficiente para la mezcla, dosificación y transporte de líquidos en procesos industriales. El uso de sensores infrarrojos para el llenado automatizado del reactor y el control de la banda transportadora mediante programación en lenguaje escalera es una solución simple y escalable.

La implementación de un sistema de reactor de batch, unido a una banda transportadora automatizada, hace una solución eficaz para la mezcla, dosificación y traslado de líquidos en diversas industrias; como en la pintura, mezcla pigmentos y resinas; en la alimentaria, prepara salsas y jarabes con dosificación precisa; en la farmacéutica, combina componentes activos en soluciones; en la química, mezcla reactivos de manera controlada; y en la cosmética, formula cremas y lociones. Esta configuración, que utiliza sensores infrarrojos para automatizar el llenado del reactor y que se maneja a través de programación en lenguaje de escalera, proporciona una estructura sencilla, pero con gran capacidad de escalabilidad.

La puesta en marcha de este sistema —que fusiona sensores con un control basado en Arduino— reduce la intervención humana; mejora los periodos de procesamiento; y garantiza una superior calidad en el producto final. Sin embargo, uno de los retos principales radica en la calibración de los sensores infrarrojos, ya que estos tenían dificultad en detectar los cambios de coloración del agua. Estos aparatos se basan en las características físicas del líquido y del material del contenedor, por lo que resulta vital monitorearlos y adecuarlos.

REFERENCIAS

- [1] Grumann, M. et al. (2005). Match-mode mixing on centrifugal microfluidic platforms. Lab on a Chip, https://www.researchgate.net/publication/7882146_Batch-mode_mixing_on_centrifugal_microfluidic_platforms
- [2] What is Arduino? (s. f.). Arduino. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [3] Inimtec, & Inimtec. (2022, 31 agosto). Programación escaleras de PLC's. Blog INIMTEC. <https://blog.inimtec.com/automatizacion-industrial/programacion-escaleras-plc/>
- [4] Yuridia. (2023, 17 noviembre). ¿Qué es un tanque agitado? | PLAREMESA®. PLAREMESA®. <https://www.plaremesa.net/tanque-agitado/>
- [5] A. K. Stefanoni Hernández, S. P. Vargas Pedrón, O. Cano Melgarejo, I. Acevedo Ramírez, E. Vázquez Valderrábano, y C. Rojas Juárez, «Banda transportadora para estudio de tiempos y movimientos», *Nextia*, n.º 3, pp. 20–25, may 2017.